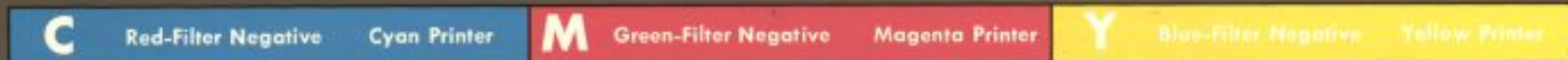


KODAK GRAY SCALE



00 A .10 .20 .30 .50 .70 M 1.00 1.30 1.60 B 1.90



KODAK COLOR CONTROL PATCHES

These colors have been selected as representative of those inks commonly used in photomechanical reproduction.





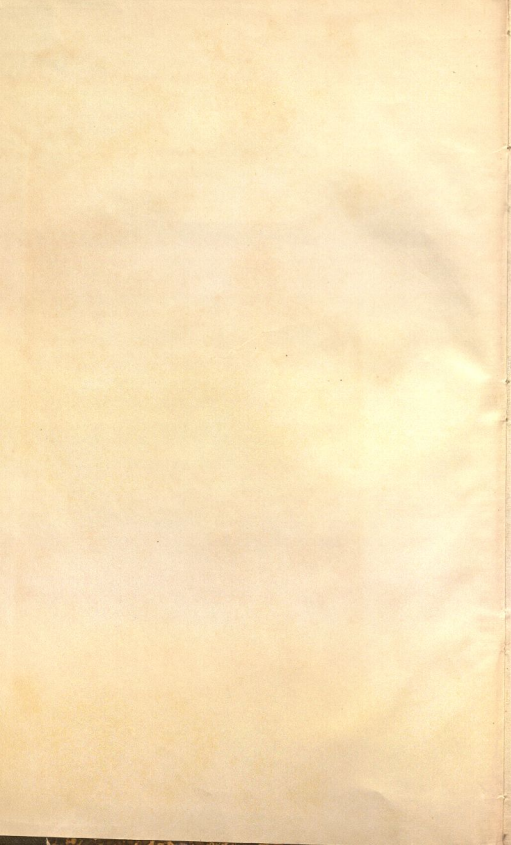
No 177. 1913/14.

UB Braunschweig

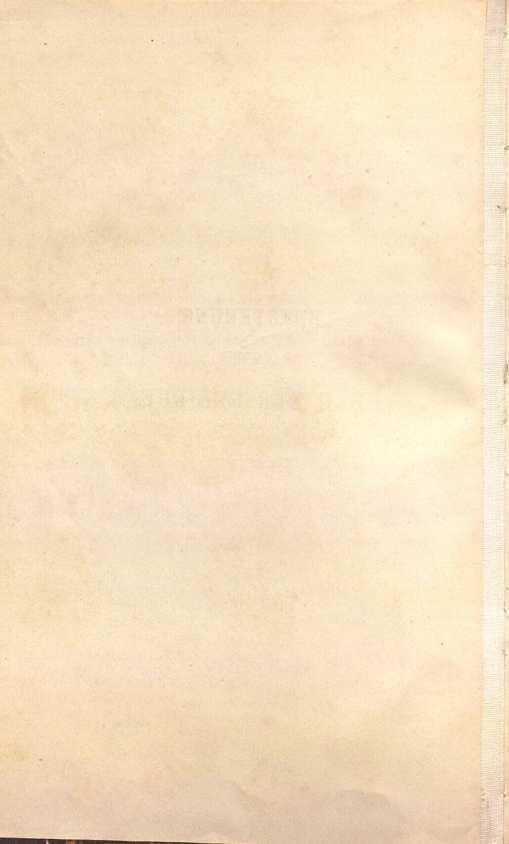
84



2236-956-7



ENTSTEHUNG
UND
BAU DER GEBIRGE.



2236-9567

*II. B. a. Sch.
a. b. s.*

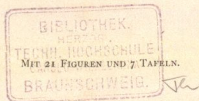
ENTSTEHUNG UND BAU DER GEBIRGE

ERLÄUTERT AM
GEOLOGISCHEN BAU DES HARZES.

VON

DR. J. H. KLOOS,

ORD. PROF. D. MINERALOGIE U. GEOLOGIE A. D. TECHN. HOCHSCHULE
CAROLO-WILHELMINA ZU BRAUNSCHWEIG.



BRAUNSCHWEIG.
GEORGE WESTERMANN.
1889.

Vorwort.

Die nachfolgenden Blätter bildeten ihrem wesentlichen Inhalte nach den Gegenstand zweier öffentlicher Vorträge in der Aula der Technischen Hochschule zu Braunschweig. Sie bezweckten, gebildeten, wenn auch der Geologie entfernt stehenden Kreisen unsere gegenwärtigen Ansichten vom Bau der Gebirge und deren Entstehung vorzuführen. Es wurde zugleich der Harz als ein specielles Beispiel gewählt, einmal, wegen seiner Nähe und leichten Zugänglichkeit, dann aber auch, da kaum ein zweites Gebirge von gleichem Umfange eine solche Mannigfaltigkeit in seinen Lagerungsverhältnissen darbietet. Die Erklärung geologischer Erscheinungen hat im Laufe der Zeit bedeutende Schwankungen durchgemacht; namentlich über den Bau der äusseren Erdkruste haben sich seit etwa zwanzig Jahren Ansichten entwickelt, welche nach und nach Alles umzustossen scheinen, was bis dahin auf höheren und mittleren Lehranstalten gelehrt worden ist. Wie oft hörte ich von wissenschaftlich gebildeten Technikern den Ausspruch: Ihre Erklärung für die Entstehung der Gebirge ist demjenigen, was ich auf der Schule gelernt habe, gerade entgegengesetzt. Während wir hörten und glaubten, die Gesteine, die Schichten seien gehoben und hätten in dieser Weise Gebirge gebildet, so führen die Geologen jetzt alle Unebenheiten der Erdrinde auf Senkungen zurück! — Die

neuen Ansichten beruhen auf einer grossen Menge von Detailbeobachtungen und sind meistens in solchen ausführlichen Werken oder monographischen Arbeiten niedergelegt, welche ausserhalb specifisch geologischer Kreise nur geringe Verbreitung haben; oder auch die Gebirgsbildung ist in solchen geologischen Handbüchern, welche einen weiteren Lesekreis fanden, nur kurz und ungenügend abgehandelt worden. Bei dem grossen Interesse des Gegenstandes hielt ich es für zeitgemäss, die Vorträge auch weiteren Kreisen zugänglich zu machen. Eine correcte Anschauung von der gestörten Lage der Gesteinsschichten ist für den Strassen- und Wasserbauingenieur ebenso nothwendig wie die richtige Erkenntniss der Bedeutung, welche den Spalten und Zerklüftungen zukommt, die den uns zugänglichen Theil der Erde nach allen Richtungen durchsetzen. Es dürften daher diese Blätter namentlich denjenigen Technikern willkommen sein, welche sich über unsere dermaligen Kenntnisse und Ansichten auf dem Gebiete der *tektonischen Geologie* orientiren wollen. Da die Vorträge durch Scioptikonbilder ergänzt und verdeutlicht wurden, fand ich es empfehlenswerth, einige charakteristische geologische Profile und schematische, auf Grund mehrfacher Beobachtungen angefertigte bildliche Darstellungen hinzuzufügen. Sie werden unzweifelhaft zum Verständniss der einschlägigen Verhältnisse beitragen. Die Bilder wurden zum Theil den Specialarbeiten hervorragender Fachgenossen entlehnt, und der Verleger ist bereitwilligst zur Hand gegangen, die Erläuterung durch Illustrationen in geeigneter Weise zu ermöglichen.

Braunschweig, im Februar 1889.

Dr. J. H. Kloos.

Figurenverzeichniss.

Fig.	Seite
1. Profil durch das westphälische Steinkohlengebirge. Nach Köhler	12
2. Gefaltete Schichten der Steinkohlenformation mit überlagernden Kreidebildungen. Nach Köhler	12
3. Querprofil durch die Steinkohlenbecken der Worm und Inde bei Aachen	13
4. Ergänzttes Gebirge. Nach Cornet und Briart	13
5. Schematische Darstellung der Gebirgsfalten. Nach Heim	24
6. Profil durch den Schweizer Jura bei Solothurn	25
7. Die Kette der Alleghanies in Nord-Amerika. Nach Rogers	25
8. Doppelfalte zwischen Linth- und Vorderrheinthal. Nach Baltzer	28
9. Ueberschiebung der Juraschichten am Bötzbirgtunnel. Nach Moesch	29
10. Ideales Profil durch die Rheinthalversenkung	32
11. Ideales Profil durch die Grabenversenkung des Leinethales bei Göttingen	33
12. Ansicht der Gassenstöcke am Faulen in den Kalkalpen. Nach Baltzer	43
13. Ruine einer Gebirgsfalte an der schottischen Küste in der Grafschaft Wigton	44
14. Profil vom Harzrande bis zum Kyffhäuser. Nach Moesta	58
15. Schichtenfaltung und Ueberschiebung im Harz. Nach Köhler	67
16. Graben südwestlich vom Thüringer Walde. Nach Frantzen	82
17. Schichtenverschiebung bei Meiningen. Nach Frantzen	82
18. Knickung der Muschelkalkschichten bei Kühndorf. Nach Frantzen	83
19. Profil am Grossen Dollmar bei Meiningen. Nach Frantzen	84
20. Gefaltete Schichten des Muschelkalkes bei Eisenach. Nach Bornemann	85
21. Gebogene Schichten des Muschelkalkes am nördlichen Rande des Thüringer Waldes. Nach Bornemann	85

Wenn wir die Geschichtsbücher der Naturwissenschaften aufschlagen und uns umsehen nach der Entwicklung der Geologie, so finden wir, dass mehrere Menschenalter hindurch über Beschaffenheit und Zusammensetzung unseres Planeten sehr unklare und abenteuerliche Vorstellungen geherrscht haben. Wie anziehend geologische Studien, Untersuchungen über die Natur und das Wesen des Schauplatzes menschlicher Thätigkeit, der Begräbnisstätte Tausender und aber Tausender von Geschlechtern, auch zu sein scheinen, so stellen sich dem Forscher, wenn er dem Gegenstande näher tritt, doch so bedeutende Schwierigkeiten entgegen, dass *die Lehre von der Erde in ihrer gegenwärtigen Erscheinungsweise und ihrer allmählichen Entwicklung* — und das ist, was wir *Geologie* nennen — immerhin als ein sehr junger Zweig der Naturwissenschaften gelten kann.

Allerdings treffen wir eine der frühesten Beobachtungen auf geologischem Gebiete bereits bei HERODOT. Auf seinen Reisen in Aegypten fand dieser „Vater der Geschichtsschreibung“ die später berühmt gewordenen, durch ihre Grösse und ihren Erhaltungszustand leicht in die

Augen fallenden alttertiären Seethiere. Auf Grund dieser Beobachtung machte er dann die durchaus richtige Folgerung, dass dieses Land einstmals vom Meere bedeckt gewesen sein muss.*

Es ist dies wohl die erste, in den Annalen der Naturgeschichte verzeichnete Wahrnehmung über diejenige Erscheinung, welche wir gegenwärtig in der Geologie als „Verschiebung der Strandlinien“ bezeichnen, indem wir es dahingestellt sein lassen, ob das Emporsteigen eines alten Meeresgrundes über das jetzige Niveau des Oceans durch eine wirkliche *Hebung* des Continentes, des Festen, oder durch ein Zurücktreten des Meeresspiegels verursacht wurde.

Bis zum heutigen Tage fehlt es noch an genügendem Beobachtungsmaterial, um diese in letzterer Zeit lebhaft discutirte Frage in allen Fällen mit Sicherheit entscheiden zu können.

Wie einfach und naturgemäss die Erklärung HERODOTS für das Vorkommen von Meeresthieren auf dem Festlande uns jetzt auch erscheinen mag, so ist es doch sehr bemerkenswerth, dass derselbe bereits vor etwa 2300 Jahren diese Schlussfolgerung machte. Waren doch damals die Naturwissenschaften und speciell Alles, was sich auf das Wesen unseres Planeten bezog, so sehr mit metaphysischen Anschauungen verwachsen, dass die einfachste und natürlichste Erklärung stets hintenan gestellt wurde. Nicht früher als in der Mitte des sechzehnten Jahrhunderts

* Taf. I giebt eine Uebersicht der Formationsgruppen mit ihren Unterabtheilungen, welche die Geologen auf Grund der in den sedimentären (geschichteten) Gesteinen enthaltenen organischen Ueberreste unterscheiden.

finden Naturforscher und Aerzte an, die in den Erdschichten begraben Versteinerungen, die *lusus naturæ*, als organischen Ursprungs, als Reste von Meeresthieren aus früheren Perioden anzusehen. Dann dauerte es aber noch ziemlich ein Jahrhundert, bis sich diese Erkenntniss, welche uns jetzt so selbstverständlich erscheint, allgemein Bahn gebrochen hatte.

Sehr alt ist auch die Vorstellung, dass die Gebirge, die Erhabenheiten der Erdoberfläche, aus der Tiefe emporgestiegen, dass sie einer *Hebung* ihre Entstehung verdanken, dass sie, wie Aphrodite, dem Schaum des Meeres entstiegen seien. Wir finden diese Vorstellung schon bei dem griechischen Philosophen EMPEDOKLES, einem Zeitgenossen des HERODOT, welcher lehrte, dass *das Feuer der Tiefe die Berge emporgehoben habe*, dann später beim Geographen STRABO, der Festland und Inseln als durch vulkanische Erhebung entstanden betrachtete.

Erst viel später, im Anfang des sechzehnten Jahrhunderts, wurde die grosse Fluth — die Sintfluth — welches Wort dem althochdeutschen Sin, gross, allgemein, entlehnt und erst nachträglich in Sündfluth umgewandelt ist — zur Erklärung geologischer Erscheinungen herangezogen. BERNHARD V. COTTA erzählt, dass dies zuerst im Jahre 1517 der Fall gewesen ist, als bei den Ausgrabungen für die Befestigungsarbeiten zu Verona eine grosse Menge Meeresmuscheln aus der Tertiärzeit aufgefunden wurden.

Vulkanische Erscheinungen und grosse Fluthen sind diejenigen gewaltigen Naturereignisse, welche von den frühesten Zeiten an die menschliche Einbildungskraft am

meisten erregt haben — es ist daher begreiflich, dass sie bei den ersten Erklärungsversuchen geologischer Thatsachen eine hervorragende Rolle spielen.

Mit den *Erdbeben* ist dies erst später der Fall gewesen. Jeder, der einigermaßen mit geologischen Dingen vertraut ist, weiss, dass gerade die Bewegungen des Erdbodens bis in die allerneueste Zeit die meist verkannten und am allerunrichtigsten gedeuteten Naturerscheinungen gewesen sind. Es war ganz natürlich, dass auch sie von vornherein mit der vulkanischen Thätigkeit der Erde in Verbindung gebracht wurden; lagen doch in Griechenland und Italien, in den klassischen Gegenden, wo die ältesten naturwissenschaftlichen Beobachtungen gemacht wurden, zahlreiche Erfahrungen über eine Verknüpfung vulkanischer Eruptionen mit einem Erzitern und Schwan-ken des Erdbodens vor.

Jetzt weiss man allerdings, dass vulkanische Erdbeben eine nur lokale Bedeutung und eine sehr beschränkte Ausdehnung haben; dass die häufigeren, ausgedehnteren und verheerendsten Erdstösse ausser jedem Zusammenhang mit vulkanischen Erscheinungen stehen. Es ist diese Erkenntniss das Resultat der in jüngster Zeit vorgegangenen Wandlung in den Ansichten der Geologen über die Bildung und den Bau der Gebirge.

Die neue, von DESCARTES (RENATUS CARTESIUS) begründete Philosophie des siebzehnten Jahrhunderts konnte nur wenig fruchtbringend auf geologische Studien wirken. Die Mineralogie nahm bereits durch nüchterne Beobachtung des thatsächlich Vorhandenen viel früher (etwa gegen das Jahr 1550) eine würdige Stelle unter den Naturwissen-

schaften ein. Sie verdankte dies namentlich den Ergebnissen des schon damals sehr alten Bergbaues, welche etwa seit dem Jahre 1500 handschriftlich gesammelt waren. Eine übernatürliche Auffassung geologischer Erscheinungen hatte jedoch stets einen zu grossen Reiz für den speculirenden Philosophen, als dass eine wirklich naturgemässe Erklärung, ja selbst eine vorurtheilsfreie Beobachtung von Thatsachen, seitens der Naturphilosophie stattfinden konnte. Erst als die Naturwissenschaften sich der philosophischen Fesseln vollständig entledigt hatten, als correcte Beobachtungen an die Stelle abstracter Speculationen traten, konnte die *Lehre von der Natur unseres Planeten* Fortschritte machen.

Scheinbar in Widerspruch hiermit steht, dass diejenige Hypothese über die Entstehung der Erde und der übrigen Himmelskörper, welche noch heute unter den Geologen die meisten Anhänger hat, zuerst von einem Philosophen aufgestellt wurde. Ich meine die KANTSche Hypothese, nach welcher für sämmtliche Gestirne eine einheitliche Entstehung aus einer feurig-gasförmigen und danach feurig-flüssigen rotirenden Masse angenommen wird. Der Gedanke, die Erde sei einmal so beschaffen gewesen wie die übrigen Gestirne und habe sich im Laufe der Zeit abgekühlt, findet sich bereits ein Jahrhundert früher bei DESCARTES und bei NEWTON, der bekanntlich die Abplattung unseres Planeten (damals allerdings erst durch Pendelbeobachtungen bestimmt) als Beweis anführte. Es ist dies eigentlich nur die erweiterte Anschauung der Philosophen des klassischen Alterthums. Zur Zeit, wo KANT seine „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“

schrieb, in 1755, war er jedenfalls mehr Naturforscher als Philosoph, und dann ist und bleibt die KANTSche Anschauung, welche vierzig Jahre später vom französischen Mathematiker und Astronomen LAPLACE eigentlich ihre jetzige Gestalt erhielt, doch immer nur eine Hypothese, *ein unzureichend oder nicht bewiesener Erklärungsversuch*. Die neuen, enormen Fortschritte in der Geologie sind wahrlich nicht von dieser oder irgend einer anderen Hypothese ausgegangen. So lange man sich überhaupt vorwiegend mit der Erde als Himmelskörper beschäftigte, so lange man das Innere unseres Planeten in *erster Linie* zum Ziel geologischer Forschungen machte, konnten exacte Beobachtungen nicht zu ihrem Rechte gelangen.

Hierzu war erforderlich, das Studium des Erdfesten, des uns zugänglichen Theiles der Erde, von den Speculationen über die Natur des Erdinnern vollständig zu trennen. Wir mussten zuerst eingestehen und begreifen, dass wir über die Beschaffenheit des letzteren nur wenige und zwar nur indirecte Beobachtungen von bedingtem Werthe anstellen können. Erst von dem Augenblicke an wurde die *Geologie* zu einer exacten Wissenschaft.

Von jetzt an studirten die Geologen in allen Einzelheiten die gegenwärtige Beschaffenheit der Erdrinde, und von diesen Studien ausgehend, verbreiteten sie sich über die Entwicklung, über das Werden derselben. Während vordem wenig beobachtet, um so mehr aber speculirt und philosophirt worden war, um auf der unsicheren Grundlage ganz vereinzelter Wahrnehmungen Theorien von grösster Tragweite aufzubauen, beflüssigte man sich hinfert, eine möglichst grosse Zahl von Thatsachen zu sam-

meln und aus vergleichenden Beobachtungen nur die zunächst liegenden Schlüsse zu ziehen. Es entstanden die grossen Abschnitte, welche man als *physiographische*, als *historische*, *tektonische* und *dynamische Geologie* bezeichnet — alle haben sie Bezug auf die Hülle unseres Planeten; nur untergeordnet und schüchtern wagt man es, auf Grund astronomischer Thatsachen und Erscheinungen an der Erdoberfläche, Betrachtungen über das Erdinnere anzustellen.

Die Frage nach dem Bau und der Beschaffenheit der Gebirge gehört zum Gebiet der *tektonischen Geologie*, weil sie untersucht, *in welcher Weise* die Bausteine der Erde zu dem einheitlichen, gewaltigen Gebäude zusammengefügt sind, in welchem sich der Kreislauf des Lebens abspielt. Als solche gehört unser Thema zu dem, was man auch wohl als *Geognosie*, als Kenntniss der *gegenwärtigen Beschaffenheit* des Erdfesten bezeichnet. Es lässt sich jedoch die Betrachtung eines Theiles unseres Planeten als Gewordenes, als fertiges Ganzes, kaum durchführen, ohne zugleich zu untersuchen, *wie* das Gewordene entstanden ist, *wodurch* es seine gegenwärtige Gestalt angenommen hat. Wir werden deshalb auch fragen müssen nach der *Entstehung* der Gebirge; wir können nicht umhin, Streifzüge in das Gebiet der Geologie im engeren Sinne, in die *Geogenie* oder dynamische Geologie, in die Lehre von dem *Werden* und der Entwicklung der Erde zu machen.

Die Bausteine des Erdgebäudes werden *Gesteine*, *Fels-* oder *Gebirgsarten* genannt; sie bestehen aus Mineralien, aus nicht organisirten Naturprodukten, oder aus solchen

Gebilden, welche die chemische Zusammensetzung eines Mineralgemenge besitzen, ohne die Formen und die Eigenschaften von Mineralien aufzuweisen. Letztere bezeichnen wir als natürliche Gläser oder amorphe geologische Körper, wobei das Wort *amorph* oder *formlos* sich nicht auf den Baustein als solchen, sondern auf dessen Gemengtheile bezieht. Sämmtliche Gesteine zerfallen von dem einzig massgebenden geologischen Gesichtspunkte aus in drei grosse Gruppen: in diejenigen, welche aus einem Schmelzflusse an der Oberfläche oder innerhalb der Erdkruste erstarrten — es sind die *massigen* oder *Eruptivgesteine*; in die *primären* krystallinischen Schiefer, deren Hauptrepräsentant der *Gneiss*, und in solche Bildungen, welche auf mechanischem oder chemischem Wege aus den Gewässern abgesetzt worden sind — wir nennen sie die *sedimentären* oder *geschichteten Gesteine*. In Bezug auf die Entstehungsweise der krystallinischen Schiefer herrscht unter den Geologen grosse Meinungsverschiedenheit und ist es nicht möglich, hier auch nur annähernd auf die verschiedenen Ansichten einzugehen. Ich kann nur in kurzen Worten diejenige Meinung aussprechen, welche ich mir selbst im Laufe der Zeit hierüber gebildet habe. Hiernach haben wir es mit solchen geologischen Körpern zu thun, die an der unteren Grenze der starren Erdkruste, unter dem einseitigen Drucke der in Folge der Zusammenziehung sich senkenden Massen ausgeschieden wurden, und zwar aus dem gleichen feurigflüssigen Magma, welches die eruptiven Gesteine erzeugte.

Die drei Gruppen, ursprünglich auf so verschiedenem Wege und an so verschiedenen Orten gebildet, greifen jetzt

in der mannigfaltigsten Weise in einander. Ihre gegenseitigen Beziehungen nennen wir *Lagerung* — es lässt sich die Tektonik der Erdrinde daher auch als *die Lehre von den Lagerungsverhältnissen der Gesteine* bezeichnen.

Liegen die Gesteine in ihrem ursprünglichen Zustande vor, so besitzen die drei Gruppen hinreichende Eigenthümlichkeiten, um sie leicht und sicher von einander unterscheiden zu können. Sehr häufig jedoch haben nach der Entstehung bedeutende Aenderungen in der ursprünglichen Beschaffenheit der Gesteine stattgefunden, und es kann dann schwierig werden die Zugehörigkeit zur einen oder anderen Gruppe nachzuweisen. So kommt es bei den Sedimenten vor, dass die sonst so sehr bezeichnende Lagerung in weit zu verfolgenden Schichten verloren geht oder die parallele Anordnung der Gemengtheile verwischt wird. Umgekehrt kann ein eruptives Gebilde nachträglich solche Structurformen erhalten, welche einer ursprünglichen Schichtung ähnlich sind. Beide, sowohl die Niederschläge aus den Gewässern, wie die Erzeugnisse der eruptiven Thätigkeit, können auch die Ausbildungsweise krystallinischer Schiefer annehmen — es sind dann aber nicht mehr *ursprüngliche* Bildungen, sondern Umwandlungsprodukte oder, wie man sie zu nennen pflegt, *metamorphische Gesteine*.

Die Schichten der sedimentären Gesteine sind horizontal oder unter sehr geringen Neigungswinkeln im Wasser — sei es nun im Weltmeere, in Binnenseen oder in Flüssen — entstanden. Theilweise treffen wir sie auch noch jetzt in dieser ursprünglichen Lage und zwar über sehr bedeutende Erstreckungen an. In der Regel jedoch finden

wir sie in *geneigter* Stellung und zwar mit den allerverschiedensten Neigungen, ja zum Theil stehen sie völlig senkrecht. Dabei ist ihr Zusammenhang unterbrochen, sie sind in Schollen zerrissen, und die Bruchstücke haben sich bedeutend gegen einander verschoben. In ersterem Falle sprechen wir von *ungestörter Lagerung*, während alle übrigen Beziehungen, die in der Schichtenstellung stattfinden können, unter der allgemeinen Bezeichnung von *gestörten Lagerungsverhältnissen* zusammengefasst werden. Diese Unterschiede geben sich häufig bereits durch die Form, die Configuration der Erdoberfläche zu erkennen. Während das Flachland, die Tiefebene, in der Regel ursprüngliche Lagerung, wenigstens der jüngsten, die Oberfläche bildenden Sedimente aufweist, so finden sich in den Gebirgen die meist verwickelten Verhältnisse. Es decken sich diese Begriffe jedoch nicht, denn auch in einer Gegend, welche man geographisch als *Gebirge* bezeichnen muss, kann eine ungestörte Lagerung der Schichten obwalten. Dann auch ragen im Flachlande, z. B. in unserer norddeutschen Tiefebene, an vielen Stellen aus den jüngsten Sedimenten niedrige Hügelzüge älterer Bildungen hervor, welche genau die gleichen Schichtenstellungen zeigen, wie wir sie in den Gebirgen antreffen.

Die Form der Erdoberfläche, *das Antlitz unseres Planeten*, wird gleichsam nur indirect hervorgebracht durch die Störungen in der ursprünglichen Schichtenlage, insoweit als in denjenigen Regionen, wo die intensivsten, gewaltigsten Verrückungen stattfanden, auch die Gewässer eine grössere abtragende Wirkung auf die aus ihrem Zusammenhang gerissenen Gebirgsmassen ausüben konnten. Wir

haben sogar guten Grund anzunehmen, dass dort, wo jetzt Tiefland ist, die jungen Gesteinsbildungen zwar horizontal lagern, die älteren aber den Bau unserer heutigen Gebirge zeigen, in früheren geologischen Perioden ebenfalls Gebirge sich erhoben. Am schönsten hat ein langjähriger Bergbau in manchen Steinkohlenregionen dargethan, dass tief unter der ebenen Erdoberfläche die gleichen tektonischen Verhältnisse herrschen können, wie in den Alpen und anderen hohen Gebirgen. Ueber die gefalteten, zerrissenen und zerquetschten Bildungen der Steinkohlenperiode erstrecken sich in Westphalen und Rheinland gleichförmig und ungestört Schichten, welche zur Kreidezeit gehören. Sämmtliche Absätze aus den zwischenliegenden Perioden fehlen hier, und doch liegt ein gewaltiger Zeitraum zwischen dem Untergang der Steinkohlenwälder und der Bedeckung derselben durch das Kreidemeer. Während dieses Zeitraumes sind Schichten abgesetzt und durch Druck verfestigt; sie sind aus dem Wasser aufgetaucht und zu Gebirgen modellirt worden; sie sind darauf wieder zerstört und abgetragen. Erst nachdem dies alles geschehen, trat die Bedeckung durch dasjenige Meer ein, worin die weissen Kreidemergel und Sandsteine entstanden, welche jetzt die Oberfläche bilden; spätere Niveauverschiebungen verwandelten darauf den Meeresgrund in eine Hochebene und fließende Gewässer letztere in ein sanft wellenförmiges Hügelland.

So zeigen die nachstehenden Profile (*Fig. 1* und *2*), welche der Arbeit von W. KÖHLER „Ueber die Störungen im westphälischen Steinkohlengebirge“ entlehnt sind, die Schichten des letzteren in der gleichen Lage, wie wir die geschichteten Gesteine in unseren hohen Gebirgen antref-

fen, trotzdem dieselben unter dem Niveau unserer jetzigen Meere liegen. Ueber diesen Resten eines alten Gebirges lagern horizontal und ungestört Kreidemergel und Grün-

Fig. 1.

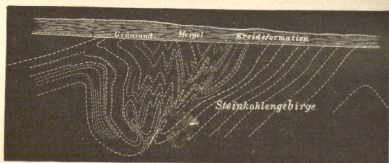


Profil durch das westphälische Steinkohlengebirge. Nach W. Köhler.

sand, Bildungen, welche zur cretaceischen oder Kreideperiode gehören.

Auch das Querprofil durch die beiden benachbarten

Fig. 2.

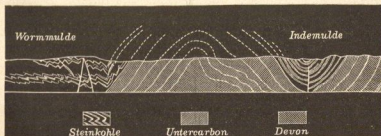


Gefaltete Schichten der Steinkohlenformation mit überlagernden Kreidebildungen. Nach Köhler.

Steinkohlenmulden der Worm und Inde bei Aachen (Fig. 3) stellt ein abgewaschenes und weggeführtes Gebirge dar, welches sich noch jetzt durch den Bau der zurückgebliebenen Schichten zu erkennen giebt. In dem schematischen Profil, welches unsere Figur darstellt, sind letztere zum

Theil durch die Luft ergänzt, um die Ausdehnung zu zeigen, welche sie früher gehabt haben müssen.

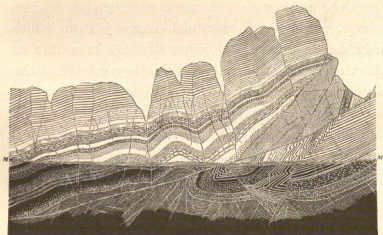
Fig. 3.



Querprofil durch die Steinkohlenbecken der Worm und Inde bei Aachen.

Es ist sogar der Versuch gemacht worden, aus den zurückgebliebenen Resten verschwundener Gebirge die

Fig. 4.



Ergänzttes Gebirge. Nach Cornet und Briart.

früheren Umrisse derselben wieder herzustellen. In obenstehendem Profil (*Fig. 4*) stellt die untere, dunkle Partie

die Schichten der devonischen und carbonischen Formationen dar, wie sie im belgischen Steinkohlengebirge, und speciell in der Umgegend von Namur, durch den Bergbau aufgeschlossen worden sind. Die Linie *MM* giebt die heutige Oberfläche an, welche zum Theil von diesen alten Schichten, zum Theil von solchen gebildet wird, welche der Kreideformation angehören und hier wie in Westphalen lange nach der Zerstörung des früheren Gebirges abgesetzt worden sind. Die beiden belgischen Forscher, denen die Skizze entlehnt ist, geben die Mächtigkeit des anstehenden Steinkohlengebirges auf 2100 Meter, diejenige des Kohlenkalkes und Devons auf 2500 Meter an, während sie den zerstörten und weggeführten Gebirgsthail bei Namur auf 5000 bis 6000 Meter veranschlagen.

Analoge Verhältnisse sind an vielen Stellen der Erdoberfläche nachgewiesen. Ausser dem rheinischen Schiefergebirge, welches im Grossen und Ganzen jetzt auch nicht mehr den Namen eines Gebirges verdient, kann man anführen: den südwestlichen Theil des bayrisch-böhmischen Grenzgebirges, wo jetzt ein flachwelliges Bergland sich erstreckt, früher jedoch ein gewaltiges Gebirge, ein kolossales Massiv, sich erhoben haben muss; dann Ostthüringen zwischen Frankenwald und Erzgebirge. Canada giebt ein grossartiges Beispiel eines verschwundenen Gebirges ab; ebenfalls finden sich solche in England (Yorkshire), China, Brasilien u. s. w. Die Gerölle aus der bunten Nagelfluh der Voralpen enthalten Gesteine aus dem verschwundenen Randgebirge, welches einstmals den Alpen nördlich vorgelagert war.

Um die Bedeutung eines Gegenstandes richtig zu würdigen, sie auf ihr wahres Mass zurückzuführen; um die Gefahr zu vermeiden, diese Bedeutung zu unterschätzen oder sie höher anzuschlagen, als sie es in Wirklichkeit verdient — dürfen wir nicht bei der absoluten Grösse des Gegenstandes stehen bleiben, wir müssen in erster Linie *vergleichende Betrachtungen* anstellen.

Diese allgemeine Wahrheit tritt uns wohl nirgendwo so deutlich, so greifbar und verständlich vor Augen wie bei Studien über Gebirge und deren Entstehung. An und für sich zeigen die Erhabenheiten der Erdoberfläche zum Theil ganz gewaltige Dimensionen, die wohl im Stande sind, einen ungeheuren Eindruck auf den menschlichen Geist auszuüben und die Phantasie anzuregen. Wer von uns hat nicht schon auf Reisen diesen gewaltigen, den Sinn verwirrenden Eindruck erhalten, sei es nun, dass er von einer hohen Kuppe — nehmen wir unseren Brocken — umherschaut ins weite Land; sei es, dass er am Fusse der fast senkrecht emporsteigenden Gebirgsriesen — wie in den Alpen — den Blick erhebt?

Nun wissen wir aber alle, dass weder der Brocken, noch die bedeutendsten Ketten der Alpen, die höchsten Erhebungen über den Meeresspiegel bilden; sondern dass es noch viel höhere und mächtigere Berge und Gebirge giebt als diejenigen, welche gewöhnlichen Sterblichen zugänglich sind. Die grösste absolute Höhe der Erdoberfläche besitzt der Gaurisankar oder Mount Everest im Himalayagebirge, und zwar nach den vorhandenen Messungen mit 8839 Metern — er hat also fast achtmal die Höhe des Brockens.

Die erste vergleichende Betrachtung, welche dem wissenschaftlichen Erforscher der Erdoberfläche am nächsten liegt, ist allerdings geeignet, die Vorstellung von der Grösse der Unebenheiten der Erdrinde noch zu erhöhen. Um das Mass derselben richtig darzustellen, dürfen wir doch keineswegs stehen bleiben bei der absoluten Höhe eines Berges über dem Meere, sondern müssen auch fragen, wie tief sinkt die Oberfläche des Festen unter den Spiegel des Flüssigen hinab? Da haben nun die Tiefseebeobachtungen der Neuzeit dargethan, dass die grösste Tiefe der Oceane 8513 Meter beträgt. Das Ausmass der bis jetzt bekannten grössten Niveauunterschiede an der Oberfläche unseres Planeten beträgt daher 17352 Meter, oder fast $2\frac{1}{2}$ geographische Meilen.

Es sind dies extreme Zahlen, die eine ganz andere Gestalt annehmen, wenn man versucht, auf mittlere Werthe zu gelangen. Es haben in dieser Beziehung bereits vielfach Berechnungen stattgefunden, in neuester Zeit von KRÜMMEL in Greifswald, welcher die mittlere Höhe der Festländer auf 440 Meter, die mittlere Tiefe der Meere auf 3440 Meter schätzt. Danach finden wir für das *mittlere Mass* der vorhandenen Unebenheiten rund 3900 Meter, oder etwas über *eine halbe* geographische Meile.

Setzen wir nun die Vergleichen weiter fort, so entsteht bald eine ganz verschiedene Vorstellung von der Bedeutung der Unebenheiten, die wir Berg und Thal, Gebirge und Tiefland nennen. Nachdem wir die Höhe der Berge und Continente und die Tiefe der Meere mit einander verglichen haben, führt ein weiterer Schritt zu der

Frage: Wie verhalten die gefundenen Zahlen sich zu der Grösse unseres Planeten überhaupt?

Die Grösse der Erde kann nur durch directe Messungen bestimmt werden. Aus der Ermittlung der Länge eines Theiles eines grössten Kreises lernt man zunächst den Erdumfang kennen. Die mit grossen Schwierigkeiten verbundene Operation wird Gradmessung genannt. Die erste Messung eines Kreisbogens an der Erdoberfläche fand bereits zweihundert Jahre vor unserer Zeitrechnung statt: es war ERATHOSTENES, der Entdecker der Schiefe der Ekliptik, in Alexandria, welcher dieselbe mit einem für die Hilfsmittel der damaligen Zeit auffallend guten Erfolge durchführte. Die nach der trigonometrischen, auch jetzt noch gebräuchlichen Methode, von SNELLIUS ausgeführten Gradmessungen stammen aus dem siebzehnten Jahrhundert. Am Ende des vorigen und im Laufe des gegenwärtigen Jahrhunderts haben in verschiedenen Regionen und in verschiedenen Richtungen dergleichen Messungen stattgefunden. Trotzdem hat bis zum heutigen Tage weder die Grösse noch die Form unseres Planeten mit wünschenswerther Genauigkeit ermittelt werden können. Nach den letzten, im Jahre 1878 ausgeführten Zusammenstellungen und Berechnungen von CLARKE, beträgt der mittlere Durchmesser der als Rotationsellipsoid angenommenen Erde 12 734 645 Meter.

Stellen wir die Gebirge und Meere in richtigem Verhältniss zum Erddurchmesser dar, so erscheint auf einem Kreise von 28,8 Metern Durchmesser und 90,5 Metern Umfang das Himalayagebirge, zwischen Indus und Brahmapoetra, mit einer Länge von 4,7 Metern und einer mittleren

Höhe von nur etwa 1 Centimeter. Seine höchsten Gipfel, der Gaurisankar, Dauwalagiri und Kantschindchinga, messen zwischen 1,5 und 2 Centimetern. Die Alpen, vom Genfersee bis zu der grossen Einsenkung bei Wiener Neustadt, nehmen 2 Meter Länge ein, und ihr höchster Gipfel, der Mont Blanc, erhebt sich nur 1,1 Centimeter. Ein Querschnitt durch den Stillen Ocean, zwischen Japan und Puget Sound im westlichen Nord-Amerika, würde 23 Meter messen, und seine tiefste Stelle östlich von der Insel Nipon erscheint unter dem Kreisbogen als eine Vertiefung von nur 1,6 Centimeter. Der Atlantische Ocean, von West-Indien bis zur afrikanischen Küste gemessen, nimmt einen Kreisbogen von 14 Metern ein, und seine grösste Vertiefung nördlich von der Insel St. Thomas (8340 Meter) tritt mit 1,5 Centimeter in Erscheinung.

Auf der Peripherie eines Kreises von 1 Meter Durchmesser müsste man Mount Everest als eine Erhabenheit von 0,0006 Meter, d. h. 0,6 Millimeter, zur Darstellung bringen, wenn das Verhältniss richtig bleiben soll. Das grösste Mass der bekannten Unebenheiten (Differenz zwischen der grössten jetzt bekannten Meerestiefe und dem höchsten Berge der Erde) wäre dann durch eine Linie von etwa 1 Millimeter, genauer 1,36 Millimeter, darzustellen!

Wie verschwindend klein sind demnach die Niveauunterschiede, welche wir an der Erdoberfläche wahrnehmen, wenn wir sie mit der Grösse unseres Planeten überhaupt vergleichen! Angenommen, es hätte eine Schicht, welche jetzt in der Höhe des Mount Everest in steil aufgerichteter Lage gefunden wird, sich ursprünglich an der

tiefsten Stelle des heutigen Oceans gebildet, so würde eine verticale Verschiebung von nur $\frac{1}{734}$ des Erddurchmessers durch irgend welche bewegende Thätigkeit in der Erdrinde genügt haben, um die Schicht in ihre jetzige Lage zu bringen.

Es ist unbedingt nothwendig, sich diese Grössenverhältnisse zu vergegenwärtigen, wenn man die Erklärung der Geologen für die Verschiebungen in der Erdrinde, welche uns ein Sinnbild des Festen und Unveränderlichen zu sein scheint, verstehen und würdigen will!

Welche sind nun diese Erklärungen? Dass sie im Laufe der Zeit gewechselt haben, wird nach dem Vorhergehenden begreiflich, ja selbstverständlich sein. Die ersten Beobachtungen über die geneigte Lage von Gesteinsschichten, welche zugleich einen Erklärungsversuch herbeiführten, der auf wissenschaftliche Methode Anspruch machen kann, sind enthalten in einem Werke eines Arztes aus dem Jahre 1669. Der Verfasser ist NIKOLAUS STENON (eigentlich NIKOLAS STEEN), ein Däne, der in Italien studirt hatte und Leibarzt des Herzogs von Toscana wurde. Es führt den Titel „De solido intra solidam naturaliter contento“ und wird dieses Werk von vielen Forschern als für die Geologie bahnbrechend und gewissermassen grundlegend, der Verfasser daher für den Begründer der Geologie als eine besondere Wissenschaft angesehen.

Nach den aus dem grauen Alterthum übernommenen Anschauungen war es begreiflich, dass STENON die Aufrichtung der Schichten nach ihrer Ablagerung der Wir-

kung von Erdbeben und der vulkanischen Thätigkeit der Erde zuschrieb. STENON nahm eine *Hebung* der Schichten durch vulkanische Eruptionen an. In seinen sechs, durch vulkanische Erhebungen getrennten Ablagerungszeiten Toskanens „*sex distinctae Etruriæ facies ex præsentī facie Etruriæ collecta*“ erkennen wir die Vorläufer der Erhebungssysteme ELIE DE BEAUMONTS, welche in der Geschichte unserer Wissenschaft eine so grosse Rolle spielen.

Während zwei Jahrhunderte galt es als eine fest begründete Thatsache, dass eine senkrecht von unten, gleichsam aus dem Innern der Erde heraus wirkende Kraft Schichten gehoben, gesprengt, zur Seite geschoben habe, und dass jedes Gebirge, jeder Höhenzug, einer solchen Wirkung seine Entstehung verdanke. In der Erhebungstheorie BEAUMONTS gipfelt gewissermassen diese Anschauung. Wäre dieselbe durch spätere Beobachtungen bestätigt worden, so hätte man die Angelegenheit als abgeschlossen betrachten können, denn einer weiteren Entwicklung wäre die Theorie kaum fähig gewesen. Es war ja eine anscheinend so ausserordentlich einfache und klare Sache, dass jede geneigte oder relativ zu hoch liegende Schicht gehoben sein musste, dagegen jede horizontal und tiefer lagernde noch in ihrer Ursprünglichkeit vorhanden sei; dass wenn die gehobene Schicht älter ist als die ungestörte, die Hebung *nach* Ablagerung der ersten und *vor* der Bildung der zweiten stattgefunden haben müsse. Alle anderen, jetzt als irrthümlich erkannten Schlüsse leiteten sich demnach von selbst ab — das gleiche Alter sämtlicher Gebirge, in welchen gleichalterige Schichten gehoben und an deren Fuss die nächstfolgenden in ungestörter

Lagerung vorhanden waren — die Küsten der früheren Continente und Grenzen der alten Meere, abgeleitet aus der jetzigen Verbreitung der Ablagerungen u. s. w.

Alles dies musste jedoch weichen vor den exacten Beobachtungen und vergleichenden Untersuchungen in verschiedenen Gegenden, und stellte es sich heraus, dass die Verhältnisse keineswegs so einfach liegen, wie man als Consequenz der Erhebungstheorie glauben möchte. BEAUMONT selbst musste die ursprünglich (1829) aufgestellten *zwölf* Erhebungssysteme, welche sämtlichen Gebirgen zu Grunde liegen sollten, nach und nach auf mehr als *dreissig* erhöhen. Es ist dies an und für sich schon ein Beweis, dass diese Theorie, oder vielmehr die Hypothese, den Keim des Verderbens in sich trug, denn nach und nach entwickelte sich für jedes Gebirge ein eigenes Erhebungssystem und für jede Erhebung der Erdoberfläche musste eine eigene Katastrophe angenommen werden.

Wir können hier nicht auf alle Gründe eingehen, welche allmählig und immer häufiger gegen die Ansicht einer senkrechten und plötzlichen Erhebung der Gebirgsmassen ins Feld geführt wurden. Trotzdem so viele ausgezeichnete Männer, wie LEOPOLD v. BUCH und HUMBOLDT in Deutschland, HUTTON und PLAYFAIR in England, DUFRÉNOY und BOUÉ in Frankreich, anfangs dieses Jahrhunderts dazu beigetragen haben, die Theorie auszubauen, konnte sie vor den exacteren Beobachtungen nicht bestehen. Namentlich musste sie weichen vor den Ergebnissen vergleichender Betrachtungen, welche eine geognostische Kartirung in grösserem Massstabe auf Grund guter topographischer Karten im Gefolge hatte.

Dabei ist nicht zu leugnen, dass der grosse Umschwung durch die LYELL'schen Ansichten, welche sich vom Jahre 1830 an allmählig in der Geologie Bahn brachen, das seinige dazu beigetragen hat, die Ideen von BUCH, HUMBOLDT und BEAUMONT aus der Lehre von der Entstehung der Gebirge zu verdrängen. Dieser Process vollzog sich jedoch nur langsam und schrittweise, denn erst seit etwa fünfzehn oder zwanzig Jahren können wir sagen, dass die letzten Spuren der berühmten BEAUMONT'schen Theorie aus unserer Auffassung der Gebirgsbildung verschwunden sind.

Betrachten wir nun zunächst die Erscheinungen, welche uns entgegentreten, wenn wir bewaffnet mit Hammer und Kompass in das Innere der Gebirge eindringen, wenn wir die Thäler und tiefen Einschnitte verfolgen, welche das Wasser — der treue Hülfsgeosse des Geologen — bis in das Innere der Bergriesen ausgemeisselt hat.

Nach der äusseren Erscheinungsweise kann man die Gebirge eintheilen in *Kamm- oder Kettengebirge, Plateau- oder Terrassengebirge, Kuppengebirge und Vulkane* — vier verschiedene Typen, von denen jeder sein besonderes Gepräge an sich trägt.

In einem Kettengebirge finden wir die geschichteten Gesteine in einer solchen Weise angeordnet, dass sie in Falten zusammen liegen. Es sind namentlich die Quertäler, Einschnitte, welche senkrecht zur Ausdehnung der Gebirgszüge und Kämme verlaufen, geeignet, uns über den Verlauf der Schichtenfalten aufzuklären. Wir sehen Biegungen aller Art, Gewölbe (Sättel) mit aufwärts gekrümmten Seitentheilen (Schenkeln); Vertiefungen (Mulden) mit

einer nach abwärts gerichteten Krümmung. Die Falten stehen aufrecht, schief oder ihre Schenkel liegen fast horizontal (stehende, schiefe und liegende Falten); einmal gehen die Seitentheile weit aus einander (sie fallen von einander ab) — sie sind *antiklinal* —, oder sie sind gegen einander geneigt — *synklinal* —. Häufig auch liegen mehrere Falten mit parallelen, in gleicher Richtung einfallenden Seiten neben einander — *isoklinale* Falten —, als hätten wir es mit einer gefalteten Gardine zu thun. Ein durch Erosion theilweise zerstörter Sattel (eine Antiklinale) wird als Luftsattel bezeichnet, indem man seine ursprüngliche Krümmung durch die Luft wieder hergestellt denken kann. Die höchste Potenz der Faltung hat fächerförmige Falten (Fächerfalten) hervorgebracht; dieselben sind jedoch immer nur in der Form von Luftsätteln erhalten. Diese verschiedene Form und Art der Faltung wird durch die nachstehende schematische Darstellung (*Fig. 5*) versinnlicht.

Manchmal sind die Verhältnisse sehr einfach und Falten gleicher Ausdehnung folgen mit grosser Regelmässigkeit auf einander wie im *Juragebirge*, im *nordwestlichen Harz* oder in dem niedrigen, aus den steilstehenden Schichten der älteren Steinkohlenformation bestehenden Gebirgslande Westphalens. Dann wieder ist die Lagerung eine ungeheuer verworrene dadurch, dass Falten von der verschiedensten Grösse und Krümmung in und durch, über und neben einander liegen, wie in den *Alpen*, im *östlichen Harz*, in den *Karpathen* u. s. w. Durch die Faltung sind ältere Gebirgsschichten über jüngere geschoben, daher die normale Reihenfolge geradezu umgekehrt ist und wir mit

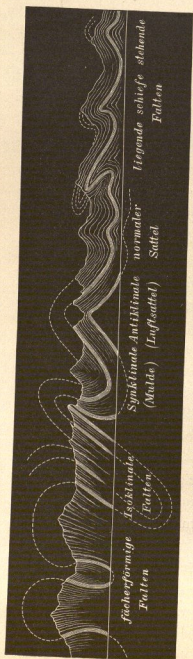


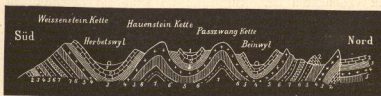
Fig. 5. Schematische Darstellung der Gebirgsfalten. Nach Heim.

Hülfe der organischen Einschlüsse (Petrefakten) nachweisen können, dass Tausende von Metern *unter* den älteren Formationen Schichten liegen, die zu den jüngeren geologischen Perioden gehören, wie in den höchsten Ketten der Alpen und in den gewaltigen asiatischen Gebirgszügen (liegende Falten und Ueberschiebungen). Vgl. Tafel II, welche die Profile des Juragebirges und der schweizer Alpen, letztere nach dem schweizer Geologen HEIM zur Darstellung bringt.

Dann sehen wir öfter, dass trotz der intensivsten Faltung, trotz der stärksten Krümmung, der Zusammenhang der Schichten nicht unterbrochen worden ist, dass Gesteine, die wir als spröde und unbiegsame Körper anzusehen gewohnt sind, sich als elastische, vollkommen biegsame Substanzen verhalten haben. Dies ist z. B. in einem grossen

Theile des Juragebirges der Fall und folgen dann die sich an den Falten beteiligenden Formationen, namentlich Jura und Trias, in normalen Sätteln und Mulden in grösster Regelmässigkeit auf einander. In einem Querprofil, wie das nachstehende aus dem mittleren Theile

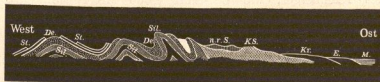
Fig. 6.



Profil durch den Schweizer Jura bei Solothurn.
1 Jüngere Bildungen. 2-4 Jura. 5 Lias. 6-7 Trias.

des Gebirges bei Solothurn (*Fig. 6*), trifft man dann in einer Anzahl von parallel verlaufenden Längsthälern stets die nämlichen Gesteinsschichten an. Sehr regelmässige Faltung zeigt auch das Kettengebirge der Alleghanies in

Fig. 7.



Die Kette der Alleghanies in Nord-Amerika. Nach Rogers.
M. Miocän. E. Eocän. Kr. Kreide. n. r. S. neuer rother Sandstein. St. Steinkohle.
De. Devon. Sil. Silur. KS. Krystallinische Schiefer.

Nordamerika. Ein Querprofil, vom amerikanischen Geologen ROGERS entworfen, zeigt in ununterbrochener Reihenfolge normale und schräge Falten, an welchen sich die silurische, devonische und Steinkohlenformation beteiligen (*Fig. 7*).

Die Schichten der unteren Steinkohlenformation (des

Kulms), aus Kalkstein, Kiesel- und Thonschiefer, sowie aus Sandsteinen bestehend, zeigen in Deutschland und England über grosse Erstreckungen continuirliche Biegungen. Bei uns liefern der Harz, sowie die Ruhrgegend in Westphalen, hierfür sehr schöne Beispiele. In England ist es namentlich die Grafschaft York, in welcher die Erscheinung öfter zu beobachten ist. Auf Tafel III sind die Zeichnungen wiedergegeben, welche der englische Geologe MELLARD READE von gebogenen Schichten des Kohlenkalkes in Yorkshire gegeben hat. Er erwähnt ausdrücklich, dass die Biegung *continuirlisch* und *ohne Bruch* stattgefunden habe.

Auch in den Alpen ist eine zusammenhängende Schichtenbiegung ohne Bruch die Regel. So verfolgen wir im Linththale, am Fusse der Wiggiskette und des Glärnisch, dieser Riesen der nördlichen Kalkalpen, mit Erstaunen die langen Windungen der verschiedentlich hell- und dunkelfarbigen Kalke und Schiefer. So bemerken wir vom Vierwaldstättersee bei der Betrachtung des Axenberges, wie bis über 1000 Meter Höhe das Gehänge aus einer Aneinanderreihung S-förmiger Biegungen der Kalksteinbänke und Thonschiefer besteht. Am deutlichsten ausgeprägt sind sie im südlichen Theile der steilen Wand an beiden Seiten des Lautobels, und den besten Ueberblick gewährt die Fahrt von Flüelen nach Isleten quer über den Urnersee. Dieselben grossartigen und vielfach verschlungenen Windungen der zu Hunderten über einander liegenden hellen Kalkbänke und dunklen Schiefer lassen sich vielerorts im Isenthale, einem Seitenthale des Urnersees, z. B. an den schroffen Felswänden des Uri-Rothstock und an der Babergalp aufs schönste

verfolgen. Einen herrlichen Blick auf die stark gebogenen jurassischen Kalkschichten gewährt auch die Rheinthalbahn bei der Fahrt von Ragaz nach Walenstedt auf der Strecke von Chur nach Zürich. Es sind die Ausläufer der Rhätikonkette sowie die hohen Berge zwischen dem Rheinthale und dem Thale der sich in den Walensee ergiessenden Raaz.

Während einige Kettengebirge, wie dies z. B. in den Alpen und im Jura der Fall, sich geradezu durch die Continuität ihrer Falten auszeichnen, bemerken wir in anderen Fällen, dass die Schichten an den Stellen der stärksten Krümmung zerrissen sind. Es entstehen Spalten und an diesen Spalten sind die Schichten an einander *verschoben* — sie sind, wie der Geologe sich ausdrückt, *verworfen*. Der Harz liefert ein ausgezeichnetes Beispiel grossartiger Verwerfungen und Ueberschiebungen, d. h. von Aufwärtsbewegungen ganzer Gebirgsstücke in schräger Richtung an durchgerissenen Falten. Dass es jedoch im Juragebirge und in den Alpen auch nicht an Schichtenzerreissungen fehlt, beweisen die meilenweit zu verfolgenden Ueberschiebungen älterer Schichtengruppen über jüngere, ein Verhältniss, welches nicht denkbar ist, ohne dass an den Stellen stärkster Spannung Bruch und Zersplitterung stattfanden. Bekannt ist die zuerst vom schweizer Geologen ESCHER v. d. LINTH beschriebene Glarner Schlinge zwischen dem Linththale und dem Vorderrhein. An derselben betheiligen sich die Tertiär-, Kreide-, Jura- und Triasformation, ausserdem noch ältere Schichten, deren Alter durch den Mangel an Versteinerungen und die abnorme Ausbildung der Gesteine noch nicht mit Sicherheit hat er-

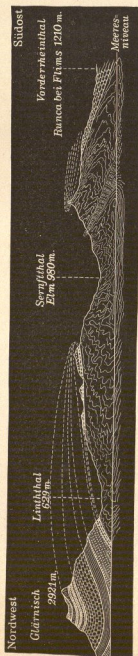
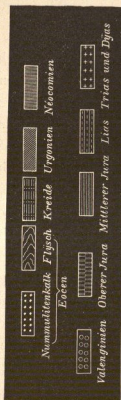


Fig. 8. Doppelfalte zwischen Linth- und Vorderer Rhine. Nach Baltzer.



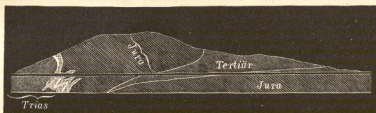
Zeichenerklärung zu Fig. 8.

mittelt werden können. Die nebenstehende Skizze der 26 Kilometer langen, sich über den Glärnisch, die Windgallengruppe und den Tödi erstreckenden enormen Doppelfalte zeigt deren Zusammensetzung im Wesentlichen aus zwei, mit der convexen Seite gegen einander gerichteten Biegungen grossartigsten Massstabes (Fig. 8). Im Juragebirge haben die Tunnelbauten der schweizerischen Bahnen ebenfalls bedeutende Schichtenüberschiebungen nachgewiesen. Das nachstehende Profil zeigt eine solche aus dem Bötzbergtunnel, an der gleichnamigen Bahn zwischen Basel

und Zürich. In diesem nördlichen Theile der Jurakette sind nach den Beobachtungen der schweizer Geologen MÜLLER und MOESCH die Schichten der Jura- und Triasformation 1 bis 1½ Kilometer weit über die flach südlich einfallenden Schichten (den sogenannten Tafeljura) geschoben und zwischen beiden eingeklemmt liegen die weit jüngeren Schichten der Tertiärformation (*Fig. 9*).

Wir bezeichnen die Kettengebirge vorzugsweise als *Faltengebirge*, weil in ihnen diejenigen Theile des Falten-

Fig. 9.



Ueberschiebung der Juraschichten am Bötzenberg-tunnel. Nach Moesch.

wurfs der Erdrinde zu Tage treten, welche nicht von Bildungen verdeckt sind, die erst nachträglich entstanden. Die gewaltigsten Gebirgsketten, die höchsten Erhebungen gehören zu den Faltengebirgen, so die Alpen, die Pyrenäen, der Ural; das Himalayagebirge und die übrigen Ketten Central-Asiens; die Anden in Südamerika; das Felsengebirge und die Alleghanies in Nordamerika. Gerade die höchsten und mächtigsten Gebirge sind unter diesen die jüngsten, da sehr junge sedimentäre Bildungen sich an ihren Falten theiligen. Jedes Faltengebirge trägt jedoch nicht auch zugleich den Charakter eines Kettengebirges — wir werden diesen Fall später in dem benachbarten Harz kennen lernen.

Ganz anderen Verhältnissen wie den im Vorhergehenden geschilderten begegnet der aufmerksame Beobachter bei einer Durchwanderung der *Plateaugebirge*. Im Innern liegen mächtige Schichtencomplexe in scheinbar ungestörter Lagerung und in regelmässiger Reihenfolge — *concordant*, wie die Geologen dies nennen. Nur an den Rändern dieser Erhebungen, an den steilen Abstürzen der Hochebenen gegen die tief eingeschnittenen Thäler, welche sie begrenzen, ist alles bunt durch einander gewürfelt. Dort grenzen junge Bildungen unmittelbar an alte Formationen: das eine Stück liegt horizontal, das nächste ist stark geneigt; das eine ist gross und ausgedehnt, das andere klein und beschränkt. Es sind die Bruchränder grosser Schollen Erdrinde, welche mehr oder weniger tief gesunken, gegen einander verschoben und durch weit zu verfolgende Zerklüftungen (Verwerfungs- oder Dislocationspalten) getrennt worden sind. Daher nennt man solche Gebirge auch *Schollengebirge* — die Vogesen, der Schwarz- und Odenwald, die Schwäbische Alp, der Kaukasus sind ausgezeichnete Beispiele für diesen Gebirgsbau, der sich in Nordamerika in noch viel grossartigerer Weise wiederfindet.

Während Schichtenfaltung und die eine solche begleitenden Erscheinungen nur entstanden sein können unter Einfluss einer *seitlich* wirkenden Kraft, legen die Schollengebirge Zeugniß ab von den Bewegungen, welche in der Erdrinde in *radialer* Richtung vor sich gegangen sind. Die Bewegung erfolgte jedoch nicht in aufsteigender Richtung, sondern gerade entgegengesetzt, gegen den Mittelpunkt der Erde hin. Dort, wo jetzt Schollengebirge sich erheben, können aber in den ältesten Zeiten auch seitliche

Bewegungen stattgefunden und Faltenwurf veranlasst haben, wie dies in Schwarzwald und Vogesen die ältesten Formationen zeigen, wo sie in den tiefsten Einschnitten zu Tage treten. Sie lagern in Sätteln und Mulden, liegen aber zu tief, um auf das Relief des Gebirges an der Oberfläche Einfluss ausüben zu können.

Die Plateau- oder Schollengebirge sind nach unserer jetzigen Auffassung zurückgebliebene Bruchstücke der eingesunkenen Erdrinde. Daher werden sie ringsum begrenzt von *Senkungsfeldern*, die, wenn sie eine in die Länge gezogene bandförmige Gestalt haben, auch wohl als *Gräben* bezeichnet werden. Das Rheinthal zwischen Basel und Mainz ist ein ausgezeichnetes Beispiel einer Grabenversenkung zwischen Vogesen und Haardtgebirge einer-, Oden- und Schwarzwald andererseits. Von beiden Seiten sind die Schichten treppenförmig nach der Mitte des Thales hin eingesunken. Die einzelnen Gebirgsstücke werden durch annähernd parallel verlaufende Spalten getrennt. Das Einfallen der Schichten ist im Allgemeinen von den Gebirgen (Schwarzwald, Odenwald, Vogesen, Haardtgebirge) abwärts gerichtet; jedoch können die zerspaltene und zerklüfteten Schollen auch lokal entgegengesetzt einfallen. Das nachstehende Profil (*Fig. 10*) ist rein schematisch und soll dazu dienen, eine Vorstellung von den mechanischen Vorgängen bei der Bildung des Senkungsgebietes zu geben. Je nach der Festigkeit und Widerstandsfähigkeit der eingesunkenen Schichten sind die oberflächlich gelagerten mehr oder weniger erhalten geblieben. So bilden die festen Kalkbänke der oberen (weissen) Juraformation mehrfach Hügel und Höhenzüge, welche in der 5 deutsche

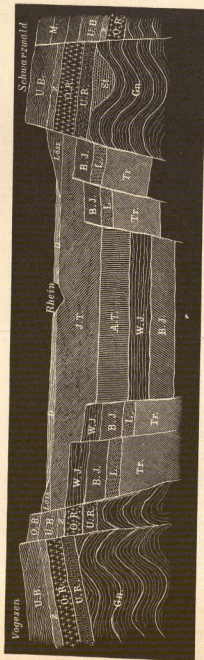


Fig. 10. Ideales Profil durch die Rheinthalversenkung.
 1 D. Diluvium, 2 T. Jungtertiär, 3 A. T. Alttertiär, W. J. Weisser Jura, B. J. Brauner Jura, L. Lias, M. Muschelkalk, O. B. Oberer Buntsandstein, U. B. Unterer Buntsandstein, Tr. Trias, O. R. Oberes Rothliegendes, U. R. Unteres Rothliegendes, St. Steinkohlenformation, Gn. Gneiss.

Meilen oder 37 Kilometer breiten Rheinebene über das Diluvium hervorragten. Die alttertiären Schichten betheiligen sich noch an den Störungen, während das Jungtertiär sowie das Diluvium später abgesetzt wurden und daher sämtliche ältere Bildungen gleichförmig überlagern. Dergleichen Gräben kennen wir in Deutschland in allen Grössen und in jeder Ausdehnung. Unsere Flüsse nehmen zum Theil ihren Weg durch dieselben, daher Gräben und Flusstäler häufig zusammenfallen. Das Leine-
 thal bei Göttingen, das Thal der fränkischen Saale bei Kissingen, sind weitere bekannte Beispiele für Grabenversenkungen. Die

Leine fließt zwischen Friedland und Salzderhelden, eine Entfernung von 40 Kilometern, in einer Grabenversenkung, in welche die Schichten der Triasformation am Fusse des durchgerissenen Muschelkalkplateaus treppenförmig eingesunken sind. An der tiefsten Stelle des Grabens liegen die Mergel-, Thon- und Gypslager des Keupers. Auch Reste von Lias, sowie Tertiärbildungen sind innerhalb der 4 bis 6 Kilometer breiten Versenkung an einigen Stellen erhalten geblieben. Die Schollen des eingestürzten Muschelkalkes finden sich in sehr gestörter Lagerung, in den verschiedensten Streichungsrichtungen und mit den mannigfaltigsten Einfallswinkeln an den Thalgehängen. Das nebenstehende Profil (Fig. 11) stellt die allgemeinen Verhältnisse schematisch dar. Das schmale, gestreifte Band zwischen oberem und unterem Muschelkalk zeigt die Lagerung der festen Bänke des Trochitenkalkes, die durch ihre charakteristische Ausbildungsweise und ihre

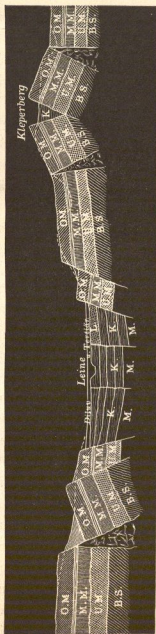


Fig. 11. Ideales Profil durch die Grabenversenkung des Leinethales bei Göttingen.
L. Lias, K. Keuper, O. M. Oberer Muschelkalk, M. M. Mittlerer Muschelkalk, U. M. Unterer Muschelkalk, B. S. Buntsandstein.

Widerstandsfähigkeit ganz besonders geeignet sind, sich über die Verhältnisse an den Rändern des Senkungsgebietes zu orientieren. Im Buntsandsteinplateau des Sollings finden sich nach v. KOENEN mehrere Gräben, die weit über 1000 Meter breit und erfüllt sind von tertiären Braunkohlen, welche durch die Senkung geschützt waren gegen die Erosion und dadurch erhalten geblieben sind, während die gleichen Bildungen *auf* dem Plateau im Laufe der Zeit der denudirenden Gewalt der Gewässer zum Opfer wurden. Das Vorkommen abbauwürdiger Braunkohlenflötze in Nord- und Mitteldeutschland ist grösstentheils auf dergleichen Versenkungen beschränkt; ohne solche würden diese jüngeren lockeren Kohlenbildungen, sammt den sie begleitenden losen Sanden und weichen Thonen, längst spurlos verschwunden sein.

Die *Kuppengebirge* haben eine viel geringere Ausdehnung als die beiden bis jetzt betrachteten Gebirgstypen; wir finden sie vorzugsweise inmitten der Senkungsfelder und an der Innenseite bogenförmig geschwungener, hoher Gebirgsketten. Ihre eigenthümliche Gestaltung wird dadurch bedingt, dass auf den Spalten, welche die treppenförmig eingesunkenen Theile der Erdrinde am Fusse der Hochgebirge durchsetzen, eruptive Gesteine in feurigflüssigem Zustande emporquollen und sich über die Ränder der Spalten hinweg ergossen. Ein guter Theil dieser Kuppen ist kein ursprünglicher: die Form entstand erst nachträglich durch Absonderung und Abtragung. Nur an Kreuzungspunkten von Spalten und Spaltensystemen bildeten sich *primäre* Kuppen — dom- oder glockenförmige, kegel- und spitzpyramidale Gestalten, in welchen das Magma sich beim Ueberfliessen zusammenzog und erstarrte.

Das Siebengebirge bei Bonn, die vulkanische Eifel, die Rhön, der Vogelsberg in Hessen, das Höhgau, das böhmische und ungarische Mittelgebirge, die Euganeen bei Padua sind wichtige und lehrreiche Beispiele für Kuppengebirge in Senkungsfeldern. Sie sind alle, geologisch gesprochen, junger Entstehung, denn die Senkungsfelder, mit denen sie eng zusammenhängen, verdanken ihre Bildung solchen Verschiebungen, wie sie in den jüngsten geologischen Perioden vor sich gegangen sind. Es schliesst dies nicht aus, dass in weiter zurückliegenden Zeiten ebenfalls feurigflüssiges Material übergeflossen ist und sich in Kuppen aufgethürmt hat. Diese älteren vulkanischen Bildungen sind jedoch längst wieder zerstört und ihre Reste von jüngeren Ablagerungen bedeckt worden. Wenn wir jetzt ältere eruptive Gesteine kuppenförmig inmitten der Falten- und Schollengebirge antreffen, so sind dies stets *secundäre* Kuppen, welche als Erosionsformen, Reste mächtiger Decken oder breiter Gänge, sogenannter Stöcke, aufgefasst werden müssen.

Es mag hier noch beiläufig erwähnt werden, dass in neuester Zeit durch die Untersuchungen der amerikanischen Geologen in den westlichen Territorien der Union, namentlich im Territorium Utah, eine eigenthümliche Gebirgsform, eine besondere Art von Kuppengebirge erkannt wurde. Im südlichen Theile des Staates Utah sind der 1500 Meter hohen Hochebene des mächtigen Rio Colorado die Henry Mountains aufgesetzt und erheben sich bis zu 1900 Metern über dieselbe. Während einige Kuppen aus Trachyt und verwandten Eruptivgesteinen bestehen, zeigen andere domartig aufgetriebene Gewölbe von Schichtgestei-

nen. Auch die Trachytberge werden mantelförmig von nach allen Richtungen unter so steilen Einfallswinkeln (45 bis 60 Grad) geneigten Schichten sedimentärer Gesteine umgeben, dass letztere nur als Reste ganz ähnlicher Gewölbe aufgefasst werden können, welche durch Erosion grösstentheils zerstört sind, wodurch dann in ihrem Innern der Trachytkegel blossgelegt wurde. Der amerikanische Geologe GILBERT hat diese Gebirgsform im Jahre 1877 als *Lakkolith* bezeichnet und bedeutet dieses Wort „Cisternenstein“.

Es würde mich zu weit führen, hier auf die Ansichten über die Entstehung der Lakkolithen einzugehen. Die Gebirgsform ist bis jetzt nur auf dem nördlichen Theile des westlichen Continentes erkannt worden, kann jedoch auch manchen anderen Kuppengebirgen ursprünglich eigenthümlich gewesen und durch Abtragung später verwischt worden sein. Die Ansicht des Entdeckers, dass in diesem Falle das eruptive Magma wirklich *gehoben* und die überliegenden Sedimente domförmig aufgetrieben habe, wird nicht von allen Geologen getheilt und ist auch meiner Ansicht nach höchst unwahrscheinlich. Wenigstens lässt die Erscheinung sich auch erklären, ohne dass es nöthig ist, eine hebende Thätigkeit des eruptiven Magmas anzunehmen.

Mit dem vierten Gebirgstypus, dem *Vulkan*, können wir uns hier ebenfalls nur ganz vorübergehend beschäftigen; der Bau desselben würde auch in seinen Hauptzügen nicht betrachtet werden können, ohne das mir vorgesteckte Ziel bedeutend zu überschreiten. In Bezug auf die Tektonik der Erdrinde ist der Vulkan von

keiner Bedeutung, da vulkanische Eruptionen nicht im eigentlichen Sinne gebirgsbildend sind. Sie bringen nur einzelne Berge, d. h. isolirte Erhebungen hervor, indem eruptives Material auf Spalten in die Höhe gepresst wird, die einer vorangegangenen gebirgsbildenden Thätigkeit ihre Entstehung verdanken. In dieser Beziehung stimmen Vulkane mit den Kuppengebirgen überein, und in Wirklichkeit unterscheiden sie sich von letzteren auch nur durch ihr vereinzelteres Auftreten, sowie durch das Eingreifen loser Eruptionsprodukte in ihre Zusammensetzung. Die Ursachen, welche jetzt noch für das Emporsteigen des Magmas bestimmend wirken, hängen wahrscheinlich zusammen mit den Grenzen von Festland und Meer, mit der Lage der Strandlinien, d. h. mit den Beziehungen zwischen Lithosphäre und Hydrosphäre unseres Planeten, und diese werden wieder durch die Lage und Richtung der Hauptbruchlinien bestimmt. Dagegen ist die Lage der Vulkane gänzlich unabhängig von der Configuration der Gegend, in welcher sie als Einzelberge auftreten, daher sie sowohl inmitten alter Faltengebirge, in Schollengebirgen, sowie in Senkungsfeldern, überhaupt im Tieflande, angetroffen werden.

Die Betrachtung der Kuppengebirge und Vulkane führt uns zu den Eruptivgesteinen und zu der Rolle, welche diese bei der Gebirgsbildung gespielt haben. Die früheren Theorien legten das Hauptgewicht auf diese Gebilde, nicht weil sie, wie dies auch jetzt nicht bestritten wird, das ursprüngliche Material für die sedimentären Gesteine geliefert haben, sondern weil jede in senkrechter

Richtung aufwärts stattgehabte Bewegung, jede Hebung, angesehen wurde als verursacht durch das Emporsteigen eines Eruptivgesteins in flüssiger Form. Die Bewegung sollte ja von dem als feurigflüssig gedachten Erdinnern ausgegangen sein, zunächst einen Theil desselben erhoben und sich dann auch der festen Erdkruste mitgetheilt haben. In der Theorie BEAUMONTS lag jedem Erhebungssystem eine emporgetriebene vulkanische oder plutonische Masse zu Grunde. Konnte man, wie dies oft nicht möglich ist, diese Massen auch in den tiefsten Einschnitten der Gebirge nicht nachweisen, so wurde angenommen, dass sie tief unter den geschichteten Gesteinen verborgen lägen — oder es wurden weit entfernte Granit- und Porphyrmassive herangezogen als Beweise für die Anwesenheit und die Einwirkung der unterirdischen Gewalten.

Es ist eine der Haupterrungenschaften der neueren Geologie, eins der wichtigsten Ergebnisse der exacten Forschungen der Neuzeit, dass man erkannte, die Gebirgsbildung ist *nicht* von den eruptiven Gesteinen ausgegangen und *nicht* durch diese entstanden. Erstarrten sie *vor* den Bewegungen, welche Gebirge hervorrufen, so wurden sie in gleicher Weise wie die sedimentären Gesteine von denselben betroffen. So haben die Forschungen der österreichischen und schweizer Geologen in den Alpen dargethan, dass die Centralmassive, welche nach den älteren Ansichten das Emporsteigen der Alpen verursacht haben sollen, zum Theil aus krystallinischen, zum Theil aus geschichteten Gesteinen bestehen und dass sie in analoger Weise gefaltet sind wie die Voralpen, welche lediglich aus

Meeres- und Süßwasserabsätzen, aus Kalk-, Sand- und Schiefergesteinen aufgebaut sind.

So haben die preussischen Landesgeologen durch mühevollen Untersuchungen und jahrelange Beobachtungen bewiesen, dass die eruptiven Gesteine der älteren paläozoischen Zeit — die Diabase — denen zur Zeit HAUSMANN'S und FR. AD. ROEMER'S die Erhebung des Harzes zugeschrieben wurde, gleichförmig zwischen den geschichteten Gesteinen lagern und dass sie in gleicher Weise wie letztere gefaltet, überschoben, zerspalten und verworfen worden sind. Um es kurz auszudrücken, sie verhalten sich den gebirgsbildenden Kräften gegenüber vollkommen *passiv*. Diese Kenntniss ist bezeichnend für die jetzt herrschenden Ansichten über die Entstehung der Gebirge, während man den Eruptivgesteinen früher eine *active* Rolle bei derselben zuschrieb.

Das genaue Studium der Lagerungsverhältnisse hat auch ergeben, dass allerdings ein Theil der uns bekannten massigen Gesteine während und nach der Gebirgsbildung emporgestiegen und erstarrt ist. Beim Senken lasteten die abgerissenen Gebirgsstücke auf Material, welches (wahrscheinlich durch die in dem Magma enthaltenen Gase) die Fähigkeit besass, eruptiv zu werden, sobald der Druck sich verringerte, und letzteres wurde auf die Spalten, die sich in Falten- und Schollengebirgen, sowie in Senkungsfeldern öffneten, einfach in die Höhe gepresst. In dieser Weise entstanden die zahlreichen Eruptivgänge, welche die Gebirge in bestimmten, mit dem Bau derselben im genauesten Zusammenhang stehenden Richtungen durchsetzen: die Granit-, Porphyr-, Melaphyrgänge der weit zurück-

liegenden geologischen Perioden; die Basalt-, Trachyt- und Phonolithgänge der jüngeren Zeiten.

Man darf sich die Gebirgsbildung nicht als einen plötzlichen Vorgang, als eine Umwälzung oder Katastrophe, denken. Es deutet im Gegentheil alles darauf hin, dass auch hier, wie auf allen Gebieten unserer Wissenschaft, sehr lange Zeiträume angenommen werden müssen, um die beobachteten Thatsachen genügend erklären zu können. Gebirge sind nicht plötzlich, auf einmal, entstanden: langsam aber stetig legten die Schichten sich in Falten, senkten sich die Schollen der Erdrinde und durchquerten die Spalten und Risse die zertrümmerten Gebirgsmassen. Ebensowenig darf man sich die Gebirgsbildung als einen gänzlich abgeschlossenen Vorgang längst verflossener Zeiten vorstellen. Es ist nicht möglich, hier auf die Erscheinung der *Erdbeben* einzugehen, welche ich im Vorhergehenden bereits kurz erwähnte. Es würde eine besondere Abhandlung nothwendig sein, um darzuthun, dass Erdbeben mit Schüttergebieten in Zusammenhang stehen und dass die Lage der letzteren abhängt von der Richtung der grossen Brüche und Spaltensysteme, welche unseren Ketten- und Schollengebirgen entlang verlaufen. Man kommt immer mehr zu der Erkenntniss, dass kein Tag, keine Stunde vergeht, ohne dass an irgend einer Stelle die Erdrinde erschüttert wird, und dass diese Erschütterungen als die Folge eines Fortschreitens der Gebirgsbildung angesehen werden müssen.

Die Meinung, wonach Erdbeben abhängig seien von der Anziehung der Sonne und des Mondes, wurde vor nunmehr fünfunddreissig Jahren von einem französischen Forscher

ALEXIS PERREY in Dijon ausgesprochen und beruht auf einer unvollständigen und ungenügenden Zusammenstellung statistischer Nachrichten. Die Hypothese wurde dann bekanntlich von RUDOLPH FALB weiter ausgebildet, leider aber in gleicher Weise lediglich durch einseitige statistische Zusammenstellungen zu begründen versucht.

Nur ein vollständiges und systematisches Ignoriren aller Errungenschaften geologischer Forschungen der Neuzeit konnte es ermöglichen, dass FALB noch jetzt die Vermuthung PERREYS, es seien die Erdbeben eine Folge der Fluth- und Ebbebewegung eines höchst problematischen flüssigen Erdinnern, aufrecht erhält. Die Hypothese hat bei den Geologen keinen Anklang gefunden und wird jetzt wohl kaum von irgend einem Fachgenossen weiter beachtet.

Ich wollte dies an dieser Stelle besonders betonen, weil ich es für eine Pflicht eines jeden Forschers auf geologischem Gebiete erachte, keine Gelegenheit unbenutzt vorübergehen zu lassen, welche sich darbietet, zu protestiren gegen die FALBSche Erdbebenhypothese und namentlich gegen sein auf dieselbe gegründetes Prophezeien von Erdbeben!

Wir kehren nunmehr zu unseren heutigen Ansichten über diejenigen Wirkungen zurück, welche die jetzige Gestalt unserer Gebirge herbeigeführt haben. Je stärker bei der Faltung der Druck von oben war, je grösser die Belastung, je mehr konnten die Schichten in Zusammenhang bleiben und sich biegen, ohne an der Stelle stärkster Spannung zu zerreißen. Es konnte sich dann die *latente Plasticität* geltend machen, welche den Gesteinen ihre

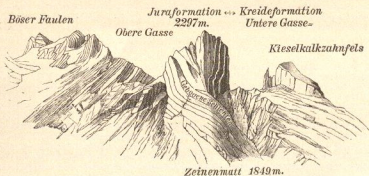
Sprödigkeit nimmt. Nur die obersten Schichten wurden bei der Bewegung zu Trümmerfeldern und gewährten dadurch den Gewässern freies Spiel. Dort wirkte danach in grossartigem Massstabe die Erosion ein, welche den Gebirgen ihre jetzigen Umrisse und ihr heutiges Relief gegeben hat. Die Bergriesen der alpinen Gebirge sind Ruinen, Reste eines längst verschwundenen Gebirges, welches vielleicht doppelt so hoch gewesen ist, als was uns jetzt als Erhöhung über das umgebende Tiefland erscheint. Man kann sich die Abtragung durch die Gewässer während und nach den Verschiebungen der Schichten nicht gross genug vorstellen. Ganze Schichtensysteme sind weggeführt worden und dieser Denudationsprocess ist reichlich ebenso grossartig gewesen, wie es die Gebirgsbildung selbst war, daher rührt die gegenwärtige Form und Gestaltung sämtlicher Gebirgszüge *in erster Linie* von diesem Processe und erst *in zweiter Instanz* von den Bewegungen in der Erdkruste her.

Bei einer Reise durch die Alpen stossen wir auf Schritt und Tritt auf Felsbildungen, welche uns in deutlichster Weise die gewaltige Wirkung der Erosion und Denudation vor Augen führen. Jede hohe Spitze, die wir besteigen, um eine Uebersicht der Alpenketten zu erhalten, ist ein Trümmerhaufen. Grosse Schollen und gewaltige Blöcke liegen wild durch einander, und kaum wagt man, bei der Bergbesteigung sie zu berühren, aus Furcht, dass sie sich ablösen und in die Tiefe stürzen. Die nachstehende Skizze (*Fig. 12*), welche einer Zeichnung des bereits mehrfach erwähnten schweizer Geologen BALTZER entlehnt ist, dürfte geeignet sein, zu zeigen, wie die ge-

falteten Schichten abgebrochen, zerstört sind und nun in zackigen Resten und Trümmern emporragen. Die Skizze stellt die Gassenstöcke am hohen Faulen, einer zur Glarner-schlinge und specieller zum Glärnischsystem in den Kalk-alpen, gehörigen hohen Gebirgspartie zwischen Linth- und Reussthal dar.

In einem vor Kurzem erschienenen Werke über Ge-birgsbildung des englischen Geologen MELLARD READE

Fig. 12.



Ansicht der Gassenstöcke am Faulen in den Kalkalpen. Nach Baltzer.

finden sich viele charakteristische Abbildungen von ge-krümmten, gebogenen, zertrümmerten und zerrissenen Schichten. Die nachstehende Skizze einer alten Gebirgs-ruine an der schottischen Küste in der Grafschaft Wigton (*Fig. 13*) zeigt deutlich die zackigen Reste einer gewal-tigen, durch die Erosion zerstörten Falte von Schichten, welche in diesem Falle den ältesten versteinierungsführen-den Formationen (dem unteren Silur) angehören.

Soweit die Thatsachen, welche die geologischen Unter-suchungen der neuesten Zeit enthüllt haben, und die Fol-

gerungen, welche der Forscher an dieselben knüpfen darf, ohne den Boden der Wissenschaft zu verlassen und das Reich der unbestimmten und unbewiesenen Vermuthungen zu betreten. Fragen wir nun nach den Kräften, welche alle diese Erscheinungen herbeigeführt haben, so sind letztere derart, dass sämtliche Beobachtungen ihre ungezwungene Erklärung finden, wenn wir als *agens movens*

Fig. 13.



Ruine einer Gebirgsfalte an der schottischen Küste in der Grafschaft Wigton.

das Walten der Schwerkraft annehmen. Wir erkannten in der ersten Anlage unserer Gebirge zweierlei Richtungen, in welchen Druck und Zug gewirkt haben — die *eine* Bewegung fand statt in der Richtung des Erdradius, wir nennen sie die *radiale* Bewegung, die andere senkrecht dazu, welche vorzugsweise bei der Faltenbildung in Betracht kommt — es ist letztere als die *tangentiale* zu bezeichnen.

Beide Bewegungen müssen entstehen, wenn eine feste Kugelhülle durch irgend eine Ursache gezwungen wird, sich in die Richtung gegen den Mittelpunkt zu bewegen. Die Umhüllung muss demnach nothwendigerweise einen kleineren Raum ausfüllen, als sie ursprünglich einnahm, und kann dies nur in der Weise, dass sie Falten wirft, sich in sich selbst staut und zusammenschiebt. Man hat die Erscheinung oft und treffend verglichen mit dem Eintrocknen einer Frucht. In frischem Zustande umschliesst die Schale den saftigen Körper voll und ganz, sie ist vollständig glatt. Beim Eintrocknen jedoch, wenn das Fleisch zusammenschrumpft, ist die Schale gezwungen zu folgen, und jetzt wird sie rauh und runzelig. Die Falten, welche entstehen, sind im Verhältniss zum Durchmesser der Frucht viel bedeutender als die Unebenheiten der Erdrinde, verglichen mit der Grösse unseres Planeten.

Seit etwa sechzehn Jahren hat die Mehrzahl der Geologen den Grund eines solchen Nachsinkens der Erdrinde gegen das Innere in der allmählichen Zusammenziehung unseres Planeten in Folge der Abkühlung im Weltraume gesucht und gemeint, in derselben eine genügende Erklärung zu finden für alle Erscheinungen, welche bei der Gebirgsbildung in Betracht kommen. Wir befinden uns dabei in voller Uebereinstimmung mit der KANT-LAPLACESchen Hypothese über die Entstehung der Erde und der übrigen Himmelskörper. Dabei ist die Theorie unabhängig von irgend einer Vorstellung über die *gegenwärtige* Beschaffenheit des Erdinnern, über welche die Meinungen der Geologen, Physiker und Astronomen weit aus einander gehen.

Die „Entstehung der Alpen“ von ED. SUESS in Wien

ist die bahnbrechende Arbeit, welche im Jahre 1875 eine neue Epoche in unseren Ansichten über die Bildung der Gebirge eröffnete. Sie verschaffte der Theorie der Schichtenfaltung durch seitlichen Druck, herbeigeführt durch Volumverringern, den endlichen, entscheidenden Sieg über alle anderen Hebungs- und Senkungstheorien. Ihm folgte drei Jahre später der schweizer Geologe ALBERT HEIM mit seinen „Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung“.

Diesen Forschern kommt entschieden das Verdienst zu, durch exacte Beobachtungen sowohl als durch Verallgemeinerung der Folgerungen auf wissenschaftlicher Grundlage, eine neue Basis für weitere Untersuchungen über die Tektonik der Erdrinde geschaffen zu haben. Der Ausgangspunkt der Erklärung, die Volumverringern der Schichten dadurch, dass sie durch nachträglich eingetretene Ereignisse gezwungen wurden, einen kleineren Raum einzunehmen als zur Zeit ihrer Bildung, ist allerdings bereits früher benutzt und hervorgehoben worden. So hat CARL FRIEDRICH NAUMANN, der Altmeister der modernen Geognosie in Deutschland, schon vor dreissig Jahren von einer solchen Raumverminderung den seitlichen Druck hergeleitet, der die Gebirgsfalten hervorbrachte, und es auch ausgesprochen, dass die *Schwerkraft* die lateralen Convulsionen ganzer Schichtensysteme herbeigeführt habe, obgleich auch er damals noch zu plutonischen Emportreibungen und aufwärts gerichteten Bewegungen einzelner Theile der Erdkruste greifen musste, um sich die Schwerkraft in Thätigkeit tretend vorstellen zu können.

Wir sind auch jetzt noch weit davon entfernt, in

jedem einzelnen Falle einen klaren Blick in die verwickelten Verhältnisse der Gebirgsbildung erlangt zu haben. Die Frage nach dem „*Wie*“ mag für eine bestimmte Gegend gelöst sein, aber auf das „*Warum*“ müssen wir die Antwort schuldig bleiben. So hat man z. B. für die in der paläozoischen Zeit gefalteten Gebirge ausfindig gemacht, dass bei ihrer Bildung der Druck in zwei Richtungen thätig war. Zuerst kam er aus Südost und die Faltung verlief von Südwest nach Nordost; wir nennen sie die *rheinische* oder *niederländische* Richtung, weil die rheinischen Gebirge derselben folgen. Kurz darauf jedoch muss der Druck rechtwinklig dazu und zwar aus Südwest gewirkt haben, indem die Falten durch Nord nach Nordwest umgebogen worden sind. Auch giebt es Gebirge, deren Falten nur in letzterer Richtung verlaufen — es ist dieselbe als *hercynische* oder *sudetische* bezeichnet worden und beherrscht sie die Gebirgszüge des östlichen Deutschlands. Weshalb aber *diese* Druckrichtungen geherrscht haben und wie es geschehen konnte, dass die erstere rechtwinklig umsprang, dafür haben wir bis jetzt den Grund nicht ausfindig machen können. Dasselbe ist der Fall mit denjenigen Richtungen seitlichen Druckes, welche in jüngeren Perioden gewirkt haben müssen.

Auch hinsichtlich der verschiedenartigen Vertheilung eruptiver, namentlich granitischer Gesteine und ihres Eingreifens in den Faltenbildungsprocess herrscht noch Dunkelheit. In allen Gebirgen des nördlichen und mittleren Deutschlands, vom Harz und Thüringer Wald an gerechnet gegen Osten, sind granitische Ergüsse so hoch hinauf gepresst worden, dass sie durch die Erosion blossgelegt

werden konnten. Westlich vom Harz und Thüringer Wald dagegen, in den in niederländischem Sinne gefalteten rheinischen Gebirgen waren, trotzdem sie bedeutend niedriger sind, bis vor Kurzem keine solche Eruptivstöcke bekannt. Es ist nun zwar vom verstorbenen v. LASAULX der Granit unter den alten Sedimentgesteinen des Hohen Venn entdeckt worden, jedenfalls aber ist sein Einfluss auf die Faltung hier ein verschwindend kleiner. Vielleicht hängt diese Erscheinung mit der Intensität des Faltungsprocesses zusammen und ist auch hierin die Erklärung dafür zu suchen, dass in dem einen Gebirge die primären krystallinischen Schiefergesteine entblösst sind, welche in dem anderen unter einer kolossalen Bedeckung von Sedimenten verborgen liegen.

Der schweizer Geologe HEIM hat wohl die Hypothese der Gebirgsbildung als unmittelbare Folge der Erdbekühlung am weitesten verfolgt und sogar Berechnungen angestellt über die Temperaturverringerungen, welche erforderlich sein würden, um Gebirge zu bilden. Er kommt zum Resultate, dass eine Abkühlung des Erdinnern um 200 Grad genüge, um eine Gebirgsfaltung wie diejenige der Alpen, eine solche von 500 Grad, um auf einem grössten Kreise der Erde drei Gebirge wie die Alpen, oder ziemlich alle Berge der Erde, aufzuthürmen. Mit einer solchen Faltung wäre eine Verkleinerung des Erdumfanges um etwa 360 000 Meter verbunden, d. h. um nur 0,89 Procent der ganzen Peripherie. Hieraus leitet sich dann ab, dass während der Entstehung der Gebirge die Erdrinde dem Mittelpunkte um etwa 57 000 Meter näher gerückt sei. Legen wir daher die BESSELSchen Zahlen zu Grunde,

wonach der mittlere Erdradius gegenwärtig 6 366 619 (nach CLARKE [1878] 6 367 322) Meter beträgt, so würde derselbe im Laufe der Äonen nur um $\frac{1}{118}$ seiner ursprünglichen Grösse abgenommen haben.

Bei diesen Betrachtungen haben wir selbstverständlich das Reich der Vermuthungen und Hypothesen betreten und müssen eingestehen, dass wir an der heutigen Erklärung der Gebirgsbildung nur so lange festhalten können, als keine andere an die Stelle gesetzt wird, welche die beobachteten Thatsachen *besser* erklärt. Jedenfalls trägt sie dazu bei, der Entstehung der Gebirge des Ungeheuerlichen zu entkleiden, und die ersten Ursachen, denen möglicherweise die Bewegungen in den peripherischen Zonen zuzuschreiben sind, zu begreifen und zu verstehen. Bei einer blossen Betrachtung der Unebenheiten an der Oberfläche unseres Planeten, ohne Erkenntniss des Zusammenhanges und ohne Vergleichung mit der Grösse der Erde, würde der menschliche Geist jede andere Erklärung als die eines gewaltsamen, plötzlichen Umsturzes des Bestehenden ausschliessen.

Ich werde nun in der zweiten, den geologischen Bau des Harzes besprechenden Abtheilung Gelegenheit haben, die gewonnenen Erfahrungen noch näher klarzulegen und zu erläutern an einem kleinen, doch hoch interessanten Gebirge, welches für uns durch seine Nähe und durch seine mannigfachen Anziehungspunkte von ganz besonderer Bedeutung ist.

Der geologische Bau des Harzes.

Im klassischen Alterthum wurden die Gebirge, welche sich nördlich von den Alpen und jenseit der Donauhochfläche erheben, als *Hercynia silva*, auf deutsch *der bewaldete Höhenzug*, zusammengefasst. Die Griechen und Römer schrieben demselben eine unbegrenzte Ausdehnung zu, und fabelhaft waren bis zu den Zeiten Julius Cäsars die Meinungen über die Wildheit und Unzugänglichkeit dieser Gegenden an den Stätten abendländischer Kultur. Nachdem seit STRABO die verschiedensten Theile des deutschen Gebirgslandes als hercynische Gebirgszüge bezeichnet waren, blieb der keltische Name, welcher der Benennung des Alterthums zu Grunde lag, haften an der kleinen, aber hervorragenden Bodenerhebung unseres Vaterlandes, welche den Gegenstand der nachfolgenden Betrachtungen bildet.

Die Reliefformen des Harzes sind diejenigen eines Plateau- oder Terrassengebirges. Eine plastische Darstellung oder irgend eine gute Karte mit Höhenstufen, z. B. die Höhenschichtenkarte auf Grund der AUHAGENSchen Topographischen Karte, herausgegeben von der preussischen geologischen Landesanstalt, zeigt diesen Charakter auf den ersten Blick. Einer Insel im Meere gleich liegt das höchste Gebirge des nördlichen Deutschlands, von einem welligen Hügellande umgeben, an der Grenze der baltischen Tiefebene.

Wie ein felsiges Gestade die Ebenheit der Wasseroberfläche stört und Wellen hervorruft; wie dann die Brandung sich bildet und hoch an ihn emporschlägt, so sehen

Bibl. d. TU.
Braunschweig

wir bei der Annäherung an den Harz im Flachlande lange Terrainwellen entstehen, die gegen das Gebirge hin höher werden und sich schliesslich dicht an ihn herandrängen.

Die Erstreckung des Harzes ist eine annähernd ost-westliche; genauer genommen ist die Gebirgsaxe von Ost-südost nach Westnordwest gerichtet. Das namentlich in seinem westlichen Theile stark bewaldete Gebirge hebt sich an allen Seiten deutlich von seiner Umgebung ab; nur das östliche Ende macht hiervon eine Ausnahme. Hier bemerken wir eine allmähliche Abdachung und einen Uebergang in eine wellige Hochebene. Letztere hat eine Höhe von etwa 325 Metern und lässt sich mit gleichbleibendem Charakter bis zur Unstrut verfolgen. Das westlichste, höchste Plateau dagegen hat eine Meereshöhe von etwa 600 Metern.

Wer das Glück hat, bei einer Brockenbesteigung klare Luft und eine nach allen Richtungen ungetrübte Aussicht zu geniessen, kann von seinem 1100 Meter hohen Standpunkte aus das Gebirgsrelief in deutlichster Weise überblicken. Er übersieht eine Anzahl Plateaus, die in westlicher Richtung rasch an Höhe zunehmen. Nirgendwo erscheinen parallele Züge, welche in Kamm- oder Kettengebirgen sofort durch ihren regelmässigen Verlauf die Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Allerdings giebt sich in unserer nächsten Umgebung die Wirkung der Erosion deutlich zu erkennen. Mehr oder weniger tief eingeschnittene Thäler und Wasserläufe strahlen von den höchsten Theilen des Gebirges aus, und zwischen den Thälern treten scharf markirte, aber *ganz unregelmässig* verlaufende Kämme hervor, die sich auch wohl in Einzelberge und

Kuppen auflösen. Gegen Westen bemerken wir einen langen Höhenzug, dessen scharfer, zackiger Kamm sich deutlich vom klaren Himmel abhebt. Es ist der *Acker* oder *Bruchberg*, der auch in Wirklichkeit ein besonderes, kleines Kettengebirge darstellt, welches der nordwestlichen, höchsten, als *Clausthaler Plateau* bekannten Hochebene aufgesetzt ist. Sonst erinnert nichts in der Oberflächenbeschaffenheit unseres Gebirges an dessen geologischen Bau, der in Wirklichkeit vollkommen mit demjenigen eines echten Kettengebirges übereinstimmt, daher im eigentlichen Sinne ein *Faltengebirge* ist.

Den gleichen oberflächigen Charakter einer Aneinanderreihung von Terrassen, hin und wieder in Kuppen annähernd gleicher Höhe oder in ganz unregelmässig verlaufende kurze Bergrücken zerschnitten, liefert uns jeder hervorragende Aussichtspunkt im Harz, sei es, dass man den anmuthigen östlichen Theil des Gebirges, den *Unterharz*, oder den höchsten westlichen Theil durchwandert. Letzterer, der *Oberharz*, trägt in manchen Thälern und Schluchten, auf mancher felsengekrönter Höhe den düsteren Charakter des Hochgebirges und erinnert in seinen von einem Kranze erhabener Berge umgebenen Wiesenthälern lebhaft an die weit bedeutenderen Gebirge des Südens, an den Schwarzwald und den Bayrischen Wald.

Auch der höchst interessante Blick, den der Kyffhäuser, der nördlichste der Thüringer Höhenzüge, auf den Harz bietet, zeigt uns ein typisches Plateaugebirge mit aufgesetzten Kuppen von Eruptivgesteinen. Die am meisten nach Osten vorgeschobene Terrasse verflacht sich ganz allmählig und kein Längsthal oder eine sonstige Be-

grenzung giebt sich zwischen den alten Kernschichten und den jüngeren Bildungen der Mansfelder Gegend zu erkennen. Dies ist auch der Grund, weshalb auf einer Wanderung von Mansfeld nach Harzgerode die Gebirgsgrenzen unmerkbar überschritten werden. Uprötzlich sieht man sich hier in eine Gebirgslandschaft versetzt, genau in gleicher Weise, als wenn man aus Schwaben kommend auf irgend einem Wege den östlichen Schwarzwald erreicht — in beiden Fällen haben wir es mit der allmählichen Abdachung eines Terrassengebirges zu thun; nichtsdestoweniger ist die Tektonik beider Gegenden gänzlich verschieden.

Der Harz ist ein sehr wasserreiches Gebiet; die vielen Flussthäler gestatten uns, einen Blick in die innere Beschaffenheit seiner Berge zu thun. Da bemerkt man dann bald, dass die sedimentären Gesteine höchst selten und dann nur auf kurze Erstreckung eine horizontale Lage ihrer Schichten zeigen, dass im Gegentheil die Lagerungsverhältnisse im höchsten Grade gestört und verworren sind. Dieselben in jedem einzelnen Falle zu entziffern und die Tektonik des ganzen Gebirges klarzustellen, hat die jahrelange Arbeit einer ganzen Reihe von Fachleuten erfordert. Kaum ein zweites Gebirge unseres Vaterlandes bietet eine solche Fülle complicirter Schichtenstellungen und einen solchen Reichthum an Problemen, wie der nur etwa 42 Quadratmeilen einnehmende kleine norddeutsche Gebirgszug.

Eins aber ist leicht zu erkennen, wir haben es mit dem Bau eines gefalteten Gebirges zu thun, und finden, dass einmal continuirliche Biegungen von Gesteinsplatten

stattgefunden haben, wie in den Alpen und im Jura-gebirge, und das andere Mal, dass bei der Biegung und Zusammenschiebung ausgedehnte Spalten und Klüfte entstanden sind. An diesen Spalten haben die Gebirgsstücke sich gegen einander verschoben und sind aus ihrer ursprünglichen Lage herausgerissen, dergestalt, dass häufig die ältesten Schichten zu oberst, die jüngeren Bildungen tief unter diesen angetroffen werden. Es sind dies die *Ueberschiebungen* oder *Wechsel*, und die Spalten, an welchen eine solche, schräg aufwärts gerichtete Bewegung stattgefunden hat, werden von Bergleuten und Geologen *Wechselklüfte* genannt.

Während die ebene Beschaffenheit der Harzplateaus eine ungestörte Lagerung der Schichten vermuthen lässt, belehrt uns eine Wanderung durch die Thäler, dass das Innere derselben ausserordentlich zerstückelt und zerrissen ist. Namentlich im östlichen Harz, wo die Terrassen am schärfsten gezeichnet und am wenigsten ausgefurcht sind, treffen wir die meist verwickelten Verhältnisse, die intensivsten Störungen. Der uralte und ausgedehnte Harzer Bergbau gestattet einen noch tieferen Blick in die Gebirgsbildung zu thun. Die Erzgänge sind weite, durch Absätze aus Lösungen und durch aufsteigende Quellen nachträglich ausgefüllte Spalten, welche in ganz derselben Beziehung zu den Gebirgsmassen stehen wie die geschlossenen Risse und Klüfte. Der inmitten seiner vollen Thätigkeit durch den Tod hinweggeraffte Geologe des Oberharzes, ALBR. v. GRODDECK, hat zuerst nachgewiesen, dass an den Gangspalten die gleichen Bewegungen der Gebirgtheile stattgefunden haben wie an

anderen Zerklüftungen, und dass sie in jeder Beziehung unter dem gleichen Gesichtspunkte zu betrachten sind. Eine Erzlagerstätten-Karte des Harzes giebt daher zu gleicher Zeit eine Uebersicht der hauptsächlichsten und am weitesten fortsetzenden Spalten des Gebirges. Eine gleiche Bedeutung für den Gebirgsbau haben die Gänge von Eruptivgesteinen, d. h. die von solchem Material ausgefüllten Spalten, welches einst in feurigflüssigem Zustande in denselben emporstieg. Auch sie stehen in nachweislichem Zusammenhang mit den Richtungen, welche die faltende Bewegung gehabt hat; auch sie treten mehrfach als Verwerfer der anstossenden Gebirgspartien auf. Es ist deshalb auch in genetischer Beziehung kein Unterschied vorhanden zwischen einer mit Eruptivgesteinen erfüllten weiten Spalte, einer von Erzen ausgefüllten, das Gebirge auf weiter Erstreckung durchsetzenden Kluft und einer einfachen Verwerfungsspalte, welche durch weissen Gangquarz oder durch einen schmalen, lettigen Besteg angedeutet wird.

Deshalb erstrecken sich alle diese Störungen auch nur auf diejenigen alten Gesteine und Formationen, welche an der Bewegung und Faltung des Gebirges theilgenommen haben; die jüngeren Bildungen, am Rande desselben lagernd, werden von ihnen nicht mehr durchsetzt.

Das Kärtchen Tafel IV stellt die Zerspaltung des Harzes dar. In dasselbe sind sowohl die hauptsächlichsten Erzgänge und Gangzüge als die Eruptivgänge nach der Geognostischen Uebersichtskarte des Harzgebirges, zusammengestellt von LOSSEN, eingetragen.

Die Zerstückelung des Gebirges durch Spalten wird; wenigstens für einen Theil desselben (die Umgegend von

Andreasberg und Clausthal), auch in übersichtlicher Weise klargelegt durch das einer Arbeit des Geologen KAYSER entlehnte Kärtchen des Spaltensystems von St. Andreasberg, wie es auf Tafel V wiedergegeben ist. Die Hauptspalten, wie sie z. B. das Granitmassiv des Brockens und den Quarzit des Bruchberges durchsetzen, konnten bereits über eine Länge von 14 Kilometern verfolgt werden. An den Spalten, Ruscheln und Gängen sind die Gebirgsstücke zum Theil in horizontalem, zum Theil in vertikalem Sinne bewegt worden. Die grösseren Spalten sind aus einer Bewegung in beiden Richtungen hervorgegangen.

In weit zurückliegenden geologischen Zeiten war der Harz in der That dasjenige, was er uns jetzt durch die scharf ausgeprägten Umrisse und die grossen Niveauunterschiede seiner Gehänge in Bezug auf seine Umgebung zu sein scheint — *eine Insel altpaläozoischer Gesteine*. — Dass Form und Begrenzung des Gebirges bereits zur Zeit der produktiven Steinkohlenformation im Wesentlichen die gleichen waren wie in der Jetztzeit, dafür sprechen manche Thatsachen. So lagern in der Gegend von Ilfeld die Steinkohlenflötze unter geringen Neigungswinkeln auf den steil stehenden nächstälteren Bildungen; so enthalten die Conglomerate des Rothliegenden über diesen Steinkohlenbildungen zahlreiche Gerölle echt Harzer Gesteine, die nur transportirt werden konnten unter der Voraussetzung, dass auch damals schon unser Gebirge über dem Meeresspiegel erhoben war und von fliessenden Gewässern bearbeitet wurde. Völlig abgeschlossen war die Gebirgsbildung damals jedoch

noch nicht — dies zeigt die Lage der jüngsten, am Gebirgsrande vorhandenen Sedimente. Es findet hier nämlich keine regelmässige (concordante) Aufeinanderfolge von Schichten statt, wie dies der Fall sein müsste, wenn rings um die Harzinsel von der Steinkohlenzeit ab ein gleichmässig vor sich gehender Absatz von Meeresniederschlägen stattgefunden hätte. Es lässt sich vielmehr ein, wenn auch nicht mehr so intensives Fortschreiten der Faltung auch während der Bildung der jüngeren paläozoischen Schichten nachweisen.

In noch späteren Zeiten haben die Senkungen, von denen die Umgebung des Harzes betroffen wurde, dazu beigetragen, die relative Höhe seiner Berge zu vergrössern. Einer solchen grösseren Erhebung über die jüngeren Ablagerungen wurde jedoch entgegengearbeitet durch die abtragende Wirkung der Gewässer. Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass letztere einen grösseren Einfluss im entgegengesetzten Sinne ausgeübt hat, daher der Harz, wie sämtliche andere Gebirge, namentlich seit der Tertiärzeit, bedeutend an Höhe abgenommen haben muss.

Die discordante Lagerung der Schichten am Harzrande als Folge der fortgesetzten Gebirgsbildung, nachdem der Faltenwurf, der dem Gebirge zu Grunde liegt, der Hauptsache nach vollendet war, erhellt aus dem in *Fig. 14* dargestellten Profil. Dasselbe zeigt die steilstehenden Kernschichten (das alte hercynische Schiefergebirge) bei Questenberg am südlichen Harzrande. Ueber denselben liegt das Rothliegende mit südlichem Einfallen, bedeckt vom Zechstein in bedeutend flacherer Lagerung, und horizontal die Bildungen desselben überdeckend, der bunte Sandstein.

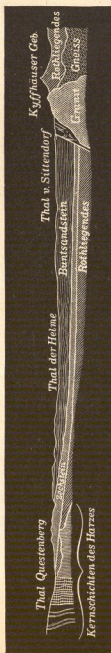


Fig. 14. Profil vom Harzrande bis zum Kyffhäuser. Nach Moesta.

Das Längsthal, von der Helme durchflossen, wird südlich vom Höhenzug des Kyffhäusers begrenzt und bildet eine Versenkung, einen beiderseits zwischen Spalten eingeschlossenen Graben. Die Conglomerate und Schieferthone des Rothliegenden am Fusse des Kyffhäusers bei Sittendorf liegen um 1900 Fuss oder ca. 600 Meter zu tief gegen die gleichalterigen Schichten, welche beim Kyffhäuser und bei der Rothenburg anstehen. Dieses Versenkungsthal zwischen dem Harz und den thüringischen Gebirgszügen ist 10 Kilometer breit und führt wegen seiner Fruchtbarkeit den Namen der Goldenen Aue.

Nach den ältesten Anschauungen über den Schichtenbau unseres Gebirges sollte dasselbe *plötzlich* als Ganzes und zwar *einseitig* erhoben worden sein. Die hebende Kraft wurde im Norden gesucht, da für den Harz ein steiles südliches Einfallen der Schichten als Regel aus den Beobachtungen hervorzugehen schien. Es war HAUSMANN, der zuerst die vielen Ausnahmen, welche die Einfallsrichtung nach Süden er-

leidet, beachtete und dadurch zu der Ansicht kam, dass eine *stückweise* Erhebung stattgefunden habe. Er schrieb dieselbe der eruptiven Thätigkeit der *Diabase* zu. F. A. ROEMER, anfänglich der älteren Ansicht zugehörig, kam in seinen späteren Arbeiten (etwa in den fünfziger Jahren) davon zurück und deutete an, dass eine *faltenartige Zusammendrückung* sich im Harz bemerkbar mache. Erst den Mitarbeitern der preussischen Geologischen Landesanstalt, allen voran BEYRICH, war es vorbehalten, die völlige Uebereinstimmung des Gebirgsbaus mit denjenigen Faltengebirgen nachzuweisen, welche in der gleichen geologischen Periode entstanden sind.

Namentlich den rastlosen Bemühungen LOSSENS (nach BEYRICH wohl der Nestor der jetzigen Harzer Geologen) gelang es, nachzuweisen, dass in dem nördlichsten der germanischen alten Faltengebirge zwei Druckrichtungen kurz nach einander gewirkt haben müssen. Beide verursachten Faltungen und unter ihrem gemeinsamen Einfluss entstanden die das Gebirge kennzeichnenden verwickelten Lagerungsverhältnisse. Die Richtungen des seitlichen Druckes ergeben sich aus dem Streichen der gefalteten Schichten. Als Streichungsrichtung bezeichnet der Geologe wie der Bergmann den Winkel, welchen eine horizontale Linie in der geneigt stehenden Schicht mit der Nordsüdlinie des Kompasses einschliesst. Die Fallrichtung, d. h. die Neigung gegen den Horizont, steht senkrecht zu der Streichlinie. Aus den Beobachtungen über Streichen und Fallen ergibt sich das Gesetzmässige in den Lagerungsverhältnissen.

Bei der Besprechung des Gebirgsbaus im Allgemeinen

erwähnte ich bereits, dass die mitteldeutschen Gebirge durch die Faltungsrichtung ihrer steilstehenden Schichten zu der Aufstellung zweier Systeme Veranlassung gaben. Wir lernten die *rheinische oder niederländische* und die *hercynische oder sudetische* Richtung kennen. In den Gebirgen und Höhenzügen südwestlich vom Harz, im rheinisch-westphälischen Schiefergebirge, im Taunus, Hunsrück, Westerwald, in dem nicht vulkanischen Theile der Eifel, in der nördlichsten rheinischen Erhebung, dem hohen Venn, dann über die Grenzen Deutschlands hinaus, in den Ardennen, erstrecken die Schichten sich von Südwest nach Nordost. Das Ueberhängen der Falten nach Norden, sowie das südliche Einfallen der Ueberschiebungsklüfte deuten darauf hin, dass ein seitlicher Druck aus Südosten bei der Bildung dieser Gebirgszüge thätig war. Wenden wir uns vom Harz nach Osten und untersuchen die Lausitz, das Riesen- und Altvatergebirge, den Bayerischen und Böhmerwald, so finden wir, dass eine rechtwinklig zur ersteren stehende Streichungsrichtung diesen Theil der Hercynia silva der alten Völker beherrscht. Namentlich weil derjenige Theil des germanischen Waldes, welcher in der neueren Geographie mehr speciell diese Bezeichnung führte, unter dem Einfluss der südwestlichen Druckrichtung steht, hat man dieselbe als *hercynische* Richtung bezeichnet.

Im Harz nun hat man es sowohl mit dem niederländischen wie mit dem hercynischen System zu thun, und zwar ist ersteres das ältere. Erst nachdem der vom Südosten her wirkende Druck eine tiefgehende Faltung herbeigeführt hatte, machte sich die südwestliche Richtung gel-

tend. Daher wurden die unter Einfluss des niederländischen Seitendrucks entstandenen Falten später verbogen, aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt und kamen schliesslich in die entgegengesetzte Lage. Die Verbiegung und Ablenkung der Falten sind namentlich im östlichen Harz in allen Einzelheiten verfolgt worden und geben sich dort auch in der Richtung der Thäler, z. B. im Selkethale, deutlich zu erkennen. Im westlichen Harz sind namentlich die devonischen Schichten zwischen Goslar und dem Brocken, sowie diejenigen des Bruchberges, davon betroffen. So tragen z. B. die stark gestörten Schichten des Rammelsberges mit dem eingeschlossenen Erzlager deutlich die Kennzeichen von zweierlei Druckrichtungen und ist zwischen Acker und dem eigentlichen Bruchberge, wie LOSSEN und KAYSER nachgewiesen haben, ein nach Norden gerichteter Knick im Streichen vorhanden.

Das Lager der silber- und goldhaltigen Schwefelmetalle bei der alten Kaiser- und Reichsstadt ist bereits seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts bekannt und häufig erwähnt worden. Mehrere bedeutende Forscher haben sich mit der technisch so wichtigen Erzlagerstätte beschäftigt und das Vorkommen in Verbindung mit der Natur, dem Alter und der Lage der Schichten zu deuten gesucht. Zuerst wurde angenommen, dass die Erze auch hier, wie es so häufig der Fall ist, jünger seien als die Gesteine, welche sie einschliessen, dass wir es mit einer besonderen Art von Gangbildung oder Spaltenausfüllung zu thun haben. Dann meinte man, aus den Aufschlüssen, welche der Bergbau gewährte, auf die gleichzeitige Entstehung von Lager und Schichten schliessen zu können.

Es wurde angenommen, dass eine Aneinanderreihung von *Erzlinen* vorläge, und schliesslich hat sich die Meinung Bahn gebrochen, das Kieslager sei eine continuirliche Schicht, erlitt aber zugleich mit den einschliessenden Schiefern eine Faltung, Quetschung und Ueberschiebung. Daher zeigt das Lager Faltung, Einklemmung und eine Auswalzung bis zu einem blossen Bestege, Verhältnisse, die in jeder Beziehung an die Alpen, z. B. an das Massiv des Finsteraarhorns, erinnern.

Das Verdienst, diese Verhältnisse richtig erkannt zu haben, gebührt den geologisch durchaus geschulten Harzer Bergleuten, die, wie der frühere und jetzige Director der Clausthaller Akademie, bereits so oft in detaillirten Aufnahmen, an einzelnen schwierigen Beispielen, die Richtigkeit unserer jetzigen Anschauungen über den Bau der gefalteten Gebirge geprüft und bestätigt gefunden haben.

Die grossartige Zerspaltung des Harzgebirges ist eine Folge der zweierlei Druckrichtungen, denen dasselbe bei der Faltung ausgesetzt gewesen ist. Sie lässt sich am besten vergleichen mit den Sprüngen, welche in spröden Massen entstehen, wenn man sie einer Schraubendrehung, *einer Torsion*, unterwirft.

In den niedrigen Gebirgszügen des nordwestlichen Deutschlands, im Wesergebirge, Teutoburger Walde, in den Erhebungen der Provinz Hannover und in unserem Herzogthum herrschen ganz andere Verhältnisse. Ich werde noch auf dieselben zurückzukommen haben, indem sie in einer gewissen Beziehung zu den *alten* deutschen Gebirgen und namentlich zum Harz stehen. Lange jedoch nachdem letztere entstanden waren, fanden die Bewegun-

gen in der Erdrinde statt, denen diese jüngeren Erhebungen ihre jetzige Gestaltung, wenigstens in ihrer Veranlagung, verdanken.

Ausser im Harz ist das Zusammenwirken zweier faltenden Richtungen, die kurz nach einander, wahrscheinlich auch theilweise noch zu gleicher Zeit gewirkt haben, bis jetzt nur in Ost-Thüringen, sowie im Fichtelgebirge hervorgehoben worden. In dem Winkel zwischen Frankenstein und Erzgebirge, in dem von Saale und Elster durchströmten Hügellande, treffen wir einen dem Harz völlig analogen Gebirgsbau. Wahrscheinlich jedoch werden dergleichen Complicationen, welche von einer mehrseitigen Druckrichtung Zeugniß ablegen, in Zukunft noch häufiger bekannt werden, da es nicht einzusehen ist, weshalb dieselben nur einzelnen Gebirgen zukommen sollten. LOSSEN hat in der That sogar für die rheinischen Gebirge aus den Mittheilungen der verschiedenen Beobachter die Spuren hercynischer Druckrichtungen zu finden geglaubt. Immerhin ist für die meisten Faltengebirge *eine einzige* Streichrichtung vorherrschend und bestimmt die Hauptausdehnung des Gebirges. Deshalb ist es im Harz eine auffällige Erscheinung, dass die für einen Theil desselben jedenfalls in *erster* Linie ausgeprägte niederländische Richtung in der Erstreckung des Höhenzuges gar nicht hervortritt, und hängt dies jedenfalls mit den Vorgängen zusammen, welche später an den Rändern stattfanden und ein Absinken der jüngeren Bildungen veranlassten. Bemerkenswerth ist es, dass die gleiche Erscheinung für den Thüringer Wald zutrifft und die beiden im Centrum Deutschlands liegenden pa-

rallelen Gebirge in dieser Beziehung vollkommen übereinstimmen.

Zu den vielen interessanten Erscheinungen, welche das Harzgebirge dem forschenden Geologen darbietet, gehört in erster Linie dessen Reichthum an den verschiedenartigsten Eruptivgesteinen. Auch für die Technik und das Verkehrswesen ist dieser Umstand von Bedeutung, denn diese Gesteine liefern zum Theil ganz vorzügliche Wegebau-materialien, sowie Bausteine zu architektonischen Zwecken. In der Mannigfaltigkeit an dergleichen Bildungen reichen von den deutschen Gebirgsgegenden wohl nur das Fichtelgebirge und das ostthüringische Gebirgsland an den Harz heran. Es haben dann auch von jeher die Petrographen mit Vorliebe die Harzer Gang- und Deckengesteine zum Gegenstand ihrer Studien gemacht und in erster Linie wieder LOSSEN. Im Jahre 1880 erschien die schöne geognostische Uebersichtskarte dieses Geologen, ein Meisterstück in der Darstellung, namentlich in ihrem Reichthum an Details.

Die Eruptivgesteine des Gebirges werden hier zum ersten Male unterschieden in Bezug auf ihr Alter gegenüber den Graniteruptionen. Diejenigen ursprünglich feurig-flüssigen Gebilde, welche älter sind als der Granit und in gleicher Weise wie die Schichtgesteine bis zum Alter der Steinkohlenformation an der Faltung des Gebirges theilnahmen, werden als *prägranitische* denjenigen Gang- und Deckengesteinen gegenübergestellt, die *nach* der Bildung der Granitstöcke empordrangen — letztere sind die *postgranitischen* massigen Felsarten.

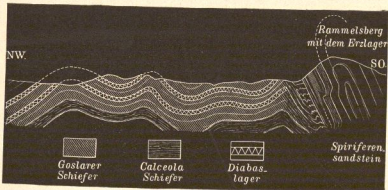
Weiter ausgeführt findet sich diese vom rein geologischen Standpunkte ausgehende Eintheilung bei LOSSEN in 1883; wir erhalten in dieser Weise eine *antegranitische* Reihe — Hauptrepräsentant ist der Diabas — die *Granitgabbro*-Reihe mit ihren porphyrischen Gliedern von gleichem Alter — die *postgranitische* Gangformation, rothe, graue, schwarze Porphyre und die *postgranitische* Deckenformation, Melaphyr, Porphyrit, Quarzporphyr. Ich erwähne nur die hauptsächlichsten Gesteine, solche Namen, welche auch in weiteren Kreisen bekannt sind, und übergehe die vielen, dem Harz zum Theil eigenthümlichen Felsarten, welche besondere Namen erhalten haben. Ein Gestein, im Harz von grosser Verbreitung, welches sich auch bei uns einer recht allgemeinen Bekanntschaft erfreut, ist der Diabas. Er wird mit Vorliebe als *Grünstein* bezeichnet, indem namentlich diese Felsart durch eine Umwandlung der ursprünglichen Bestandtheile in grüne Zersetzungsprodukte ganz besonders gern eine grüne Färbung annimmt, welche ihr in ursprünglichem, frischem Zustande abgeht. In unzähliger Menge finden sich Lager dieses Gesteins, frühere vulkanische Ergüsse, die Produkte der ältesten eruptiven Thätigkeit in der Erdrinde, den Schichtgesteinen bis in die ältere Kohlenformation eingeschaltet. Die Stellen, an welchen diese alten Ergüsse emporgedrungen sind, können wir in den seltensten Fällen ermitteln. Es ist deshalb auch nicht möglich, in ähnlicher Weise wie bei den Eruptivgebilden jüngeren Alters eine Beziehung zwischen Eruptivgestein, Spalten- und Gebirgsbildung festzustellen. Diese ältesten Störungen, welche der Entstehung des unseren Gebirgen zu

Grunde liegenden Faltenwurfes vorangegangen, sind jetzt gänzlich verwischt. Im ostthüringischen Berglande sind allerdings gewisse Streichrichtungen alter Schichtensysteme dahin gedeutet worden, dass sie von solchen frühesten Störungen herrühren, sie lassen aber auch diejenige Erklärung zu, welche LOSSEN für den Harz als Spannungsausgleichungen der beiden Druckrichtungen der Carbonzeit gegeben hat.

Sicher ist aber die von HAUSMANN herrührende und früher viel verbreitete Ansicht, dass der Diabas die Hebung des Harzgebirges verursacht habe, vollständig irrtümlich und durch die neueren Forschungen widerlegt. Er hat mit der Bildung und Veranlagung unserer jetzigen Gebirge nichts zu thun und steht dies nicht bloss fest für den Harz, sondern auch für alle anderen Gebirgsgegenden. Der Stauung gegenüber, welche die Schichtenfalten herbeiführte, verhält er sich völlig passiv, indem seine Bildung längst abgeschlossen war, bevor die Stauung stattfand. Diese Thatsache tritt bei der Betrachtung eines jeden Profils durch die Kernschichten des Gebirges deutlich hervor. Sehr lehrreich ist in dieser Beziehung das von KÖHLER in Clausthal entworfene Profil durch die zur devonischen Formation gehörenden Schichten des Nord-, Stein- und Rammelsberges bei Goslar, wie es in der nachstehenden Skizze (*Fig. 15*) wiedergegeben ist. Die durch Steinbrüche und Wegebauten an mehreren Punkten vereinzelt aufgeschlossenen Diabase bilden in Wirklichkeit continuirliche Lager, welche an allen Biegungen und Windungen der Schiefer Antheil nehmen. Die stark ausgezogenen Linien stellen die Schichten; die feineren, geradlinig verlaufenden,

schräg nach Südost einfallenden Striche die Schieferung dar. Letztere ist späterer Entstehung als die Schichtenabsonderung und eine Folge des gebirgsbildenden Druckes auf die Goslarer Thonschiefer, welche dadurch einer Benutzung als Dachschiefer fähig geworden sind. Der Rammelsberg besteht grösstentheils aus Sandstein, der in normaler Reihenfolge seinen Platz unter den Schiefen haben müsste, in Folge einer Ueberschiebung jedoch hinaufge-

Fig. 15.



Schichtenfaltung und Ueberschiebung im Harz. Nach Köhler.

presst und in ein höheres Niveau versetzt worden ist. Da, wo die intensivste Zerquetschung und Zermalmung der Schiefer stattfand, in der sogenannten Wechselzone, liegt das oben erwähnte Erz-lager. Es nimmt genau so wie alle übrigen vor der Faltung fertig gebildeten sedimentären und eruptiven Gesteine an derselben Theil und gehört hier zum isoklinalen Sattel des Rammelsberges, insoweit dieser jetzt noch erhalten und von der Erosion verschont geblieben ist.

Die Diabase sind zum Theil oberflächliche Ergüsse

gewesen, d. h. das eruptive Material hat sich über bereits abgelagerte Sedimente ergossen, zum Theil muss angenommen werden, dass sie zwischen die Schichten eingedrungen sind. Letzteres wird namentlich dadurch erwiesen, dass entschiedene Schichtgesteine, wie Sandsteine, Thonschiefer u. s. w. in Berührung (Contact) mit dem Diabas bedeutende Veränderungen, Neubildungen von Mineralien, Aenderung der Structur und krystalline Ausbildung zeigen, und zwar sowohl diejenigen Gebilde, welche ursprünglich unter dem Diabas (im Liegenden) als über demselben (im Hangenden) zur Ablagerung gekommen sind.

Ueber die Rolle, welche dem Granit und den verwandten, zugleich mit ihm gebildeten Gesteinen, wie Gabbro, Diorit u. s. w. im Gebirgsbau des Harzes zukommt, haben die Meinungen unter den Geologen im Laufe der Zeit vielleicht noch mehr gewechselt als hinsichtlich des Grünsteins. Es würde mich zu weit führen, hierauf näher einzugehen, da diese Verhältnisse innig zusammenhängen mit der Frage nach der Entstehung der granitischen Massive überhaupt. Wir müssten die weit aus einander gehenden Ansichten über die Bildung und den Zusammenhang von Granit, Gabbro u. s. w. durchnehmen, um eine richtige Einsicht in die verwickelten Beziehungen zu erhalten.

In der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts wurde der Granit noch ziemlich allgemein als ältestes Formationsglied, als Grundlage sämmtlicher anderer Gesteine angesehen, wie es die WERNERSche Schule am Ende des vorigen Jahrhunderts gelehrt hatte. Es setzt diese Ansicht voraus, dass, wenn der Granit, wie dies im Harz der Fall, in einer oder mehreren Wölbungen zu Tage tritt,

die geschichteten Gesteine allseitig, gewissermassen mantelförmig, von diesen abfallen, da das Eruptivgestein bei seiner Hebung die horizontal über ihm gedachten Schichten zersprengt und bei Seite geschoben haben müsste. Die wirklich beobachteten Lagerungsverhältnisse stehen mit diesem Erforderniss in Widerspruch und zwar nicht nur im Harz, sondern in sämmtlichen Gebirgen, wo granitische Eruptivmassen in den Faltenbau eingreifen. Im Harz z. B. fallen die Schichten sowohl im Norden wie im Süden der granitischen Massive südlich ein; ihr Auftreten ändert nichts an der Richtung und Lage der Falten. Nichtsdestoweniger kommt dem Granit im Gegensatz zum Diabas eine *wesentliche* Rolle bei der Gebirgsbildung zu.

Wir haben im Harz drei oberflächlich getrennte Massive, welche im Wesentlichen aus echtem Granit, lokal und namentlich an den Rändern aus Gabbro, Diorit und solchen Zwischengliedern aufgebaut sind, welche den Wechsel in der chemischen Zusammensetzung des aufsteigenden Magmas durch ihre verschiedenartige mineralische Zusammensetzung zum Ausdruck bringen. Das grösste Massiv mit dem Brocken als höchste Kuppe erstreckt sich in der Richtung des ältesten, des niederländischen Faltensystems, da seine Längsaxe von Südwest nach Nordost gerichtet ist. Das zweitgrösste Massiv, dasjenige des Rammberges, mit der Victorshöhe als höchste Wölbung, ist parallel der Längsaxe des Gebirges in der Richtung der hercynischen Faltung gestreckt. Das kleinste Massiv endlich, dasjenige des Ockerthales, zeigt nach allen Richtungen gleiche Ausdehnung.

Dass diese Granitmassive unterirdisch zusammenhän-

gen, ist aus mehrfachen Gründen wahrscheinlich. Ich erwähne hier nur die Identität der Hauptgebirgsarten, die Existenz der einander zugekehrten, vom Brocken nach Osten, vom Rammberge westlich ausgehenden Ausläufer. Leicht einzusehen ist der Zusammenhang zwischen Brocken und dem benachbarten Ockerthalgranit, wenn man bedenkt, dass die Gabbromassen des Radauthales genetisch zum Brockengranit gehören; dass ersterer nur durch das Diabaslager des Breitenberges südlich Bündheim vom Gabbro getrennt ist und dass zwischen beiden Granitmassiven noch isolirt eine grössere Partie desselben Gesteins in der Einsenkung des Spitzenbaches hart an der westlichen Gabbrogrenze auftritt.

Es ist aber dieser Zusammenhang von Wichtigkeit, denn nun ergibt sich auch für das Massiv des Brockens, wenigstens für dessen nördlichen Theil, die gleiche Erstreckung wie der Rammberg, d. h. im Sinne der jüngeren hercynischen Druckrichtung. Es wird hierdurch die seit zwanzig Jahren von LOSSEN verfochtene Theorie wenigstens in ihren grossen Zügen verständlich, wonach bei der fortschreitenden Schichtenfaltung — nachdem letztere so weit gediehen war, dass eine Zerreissung eingetreten — die granitischen Massen in feurigflüssigem Zustande in schräger Richtung von Süden her empor und gegen die bereits gefalteten Schichten gepresst seien. Von da an nahm der Granit einen wesentlichen Antheil an der Verbiegung, Verschiebung und Zerstückelung der Schichten, deren mechanische und chemische Umwandlung bewirkend. Es ist nicht möglich, hier auf die Einzelheiten dieser Theorie und auf die vielen, den Detailbeobachtungen entnommenen Beweisgründe einzugehen.

Mit den verschiedenartigen, zum Theil sehr schönen, für Technik und Wegebau wichtigen Porphyren, der dritten grossen Gruppe der Harzer Eruptivgesteine, können wir uns hier ebensowenig beschäftigen. Alle diese postgranitischen, nach oder in den letzten Stadien der Faltung emporgedrückten Gesteine sind auf den Bau des Gebirges nur von untergeordnetem Einfluss gewesen. Sie haben sich ihre Wege durch die Schichtgesteine nicht selbst geschaffen, sondern benutzten die Spalten und Klüfte, welche bei der Faltung und Stauung entstanden waren. Der Beweis hierfür ist ebenfalls durch eine Menge von Detailbeobachtungen geliefert worden, indem diese sammt und sonders dargethan haben, dass die Eruptivgänge ganz unbeirrt und ohne die Schichtenlage zu ändern geradlinig durchsetzen. Etwaige Verschiebungen (Verwerfungen) waren vorher entstanden, und nur wo die eruptiven Massen überflossen, wurden sie gebirgsbildend.

Dies führt uns zu einem neuen, für die Entstehung des Gebirges in seiner jetzigen Gestalt äusserst wichtigen Moment. Trotzdem die Reliefformen des Harzes im Ganzen eine gewisse Einförmigkeit bedingen, bemerken wir doch beim Durchwandern der Thäler, beim Ueberschreiten der Höhen, eine reiche Gliederung und eine grosse Mannigfaltigkeit der Gebirgslandschaft. Es ist dies nicht eine Folge der ersten Veranlagung des Schichtenbaues, sondern einzig und allein der Erosion, der Abtragung durch die Gewässer. Allerdings bedingt die Mannigfaltigkeit der Gesteine die grosse Verschiedenheit der Bergformen, indem die Felsarten in sehr verschiedener Weise durch fliessendes Wasser und die Bestandtheile der Atmosphäre an-

gegriffen werden. Daher die reiche Fülle der vielgestalteten Aus- und Abwaschungsformen!

Die grossen Granitmassen des Brockens und Rammberges zerfallen an ihrer abgerundeten Oberfläche in der Weise, dass mächtige Felsblöcke von wollsackartiger Form zurückbleiben. Wie eine ausgedehnte Ruinenstadt erscheint das Brockenfeld, die Gegend um die Hohneklappen, die Umgebung von Schierke und Braunlage. Die malerischen Felsen, in bedeutender Höhe dem Brockenplateau aufgesetzt, erzählen uns von dem früher so viel höheren Gebirge! Noch deutlicher wird uns die Höhenabnahme, welche der Brocken im Laufe der Zeit erfahren, wenn wir bedenken, dass die Hornfelsberge wie der Wurmberg, die Achtermannshöhe u. s. w., welche sich jetzt um 100 und 150 Meter über den Granit erheben, einstmals ringsum von letzterem eingeschlossen gewesen sind. Eine richtige Vorstellung von dem wirklichen Betrag dieser Abnahme erhalten wir jedoch erst, wenn wir berücksichtigen, dass der Granit überhaupt nicht an der Oberfläche erstarrte und das Brockengebiet einst noch eine starke Bedeckung geschichteter Gesteine getragen haben muss.

Ganz andere Verwitterungsformen zeigt der Granit in den tief eingeschnittenen Thälern der Ocker im westlichen, der Bode im östlichen Massiv granitischer Gesteine. Hier herrscht eine säulenförmige Absonderung mit horizontaler Gliederung. In den coulissenartigen Vorsprüngen, welche im Bodethale an beiden Gehängen vom Plateau abzweigen und den Blick von der Rosstrappe und dem Hexentanzplatz den Hauptreiz verleihen, werden die Säulen so dünn und schlank, dass sie Nadeln gleichen und

die regelmässig gestalteten Absonderungen des Basaltes und Porphyrs nachahmen. Diesem Zerfallen des Granits verdanken die obengenannten Thäler im Wesentlichen ihre landschaftliche Schönheit.

Vollständig abweichende Bergformen zeigt der Bruchbergquarzit, ein äusserst fester, plattiger Sandstein; er bildet im oberen Sieberthale eine Reihe zackiger Bergspitzen. Im höchsten Grade auffällig ist auch die eigenthümliche, zum Theil kegelförmige, zum Theil dachförmige Gestalt der auf dem granitischen Hochplateau oder an dessen Rändern emporragenden Hornfelsberge; sie erinnern an Basaltkuppen, welche unserem Gebirge jedoch ganz und gar fehlen. Die Formen sind Truggestalten, denn in Wirklichkeit bestehen diese Berge aus einer Anhäufung grosser Blöcke — es sind wahre Ruinen, so gut wie die Kolosse der Alpenkette.

Eine Reihe abgerundeter, hochgewölbter Bergrücken bilden dagegen die Diabaslager in den devonischen Dachschiefeln am steil abfallenden Nordrande des Gebirges, so z. B. am Stein- und Nordberge bei Goslar.

Höchst eigenthümliche kegel- und domförmige Kuppen sind durch die Ausnagung und Verwitterung der Porphydecken im Südharz, bei Lauterberg, Stolberg und Ilfeld, entstanden. Auch hier erinnern die Formen an vulkanische Kuppengebirge. Wenn die Flüsse in dieselben einschneiden, entstehen Felspartien von ganz besonders malerischen Formen, wie im Steinmühlenthale im südlichen Harz; es ist die Felsen- oder Steinwüste im Porphyrit zwischen Sülzhayn und Ilfeld. Die grossartigsten Klippen, welche der Harz aufzuweisen hat, steigen hier in

schroffen, zackigen Formen empor. Wie beim Granit, liegt auch hier eine annähernd parallelepipedische Absonderung und Zerklüftung zu Grunde, und doch ist die Form der Felsen wieder eine ganz eigenthümliche. Von allen Seiten scheinen sie an den Steinbach heranzutreten und das Thal nach oben und unten abzuschliessen. Diese Felsbildungen, vereint mit den rauschenden kleinen Wasserfällen im Flussbette und dem herrlichen Buchenlaub an den Gehängen, machen das Thal zu einem der schönsten des Harzes, welches jedoch den meisten Touristen unbekannt bleibt und nur selten die verdiente Würdigung findet.

Mächtig hat auch die Erosion in den Vorbergen am südlichen Harzrande gewirkt. Ihr verdanken wir die Entstehung der 60 bis 70 Meter hohen Gypswände, die sich als blendend weisse Mauern dem Gebirge entlang erstrecken, unterbrochen durch die Querthäler der Behre und Zorge zwischen Niedersachswerfen und Grimderode. Durch diese weiten Einschnitte treten die klaren Gebirgswasser aus, welche der Helme und der Goldenen Aue zugeführt werden.

Als Zeugen der Abtragung und Volumverringernng des Harzes liegen sowohl am Süd- als am Nordrande mächtige Ablagerungen von Geschieben, die sämmtlich unserem Gebirge entstammen. Imposant erscheinen uns die Anhäufungen dieses Harzer Schotters z. B. bei der Ockerhütte zwischen Ocker und dem Langenberge, wo die weissen Jurakalke und Mergel steil aus denselben emporragen; bei Langelsheim, wo die Kreidemergel des Kahnsteins sich darüber erheben; an der neuen Eisenbahn bei

Ilseburg, sowie im Sösethale bei Osterode. Sie verbreiten sich deltaförmig zwischen den niedrigen Hügelzügen, welche dem Harz vorgelagert sind.

So führt die Bahn von Vienenburg südlich und westlich an der Radau und Ocker entlang längere Zeit über und durch solche alte Flussbildungen, grösstentheils aus abgerundeten Geschieben der Oberharzer Felsarten, aus Grauwacke, Kieselschiefer, Diabas, Hornfels und Thonschiefer bestehend. Es sind riesige Steinfelder, die zum Theil noch im jetzigen Ueberschwemmungsgebiete der Flüsse liegen, zum Theil aber hohe Terrassen bilden, welche der Wirkung unserer jetzigen Flussläufe entzogen sind. Nichtsdestoweniger waren die Einschnitte derselben in den Kern- und Randgesteinen doch die Thore, aus welchen die gewaltigen Geröllemassen hinausgeführt worden sind.

Der preussische Landesgeologe WAHNSCHAFTE giebt die Mächtigkeit der hercynischen Schotterablagerungen zwischen Wernigerode und Harzburg auf 3 bis 6 Meter an. Dass sie früher bedeutend mächtiger gewesen sein müssen und nach ihrer Ablagerung bereits wieder durch fliessende Gewässer bearbeitet und weggeführt sind, wie es auch noch in der Jetztzeit vor sich geht, wird dadurch bewiesen, dass identische Schotteranhäufungen sich hoch über dem jetzigen Niveau der Thäler vorfinden. So liegt auf dem Lustberge bei Wernigerode, einer Erhebung von Kreidemergel am Nordrande des Gebirges, hercynischer Schotter in einer Höhe von 21 Metern über dem höchsten Punkte, wo die gleichen Bildungen im Längsthale selbst angetroffen werden. Dieses

Thal, in welchem sich gegenwärtig die aus dem Gebirge hervorbrechenden Gewässer sammeln und abfliessen, hat eine Breite von 2 Kilometern und ist unzweifelhaft früher mit den nämlichen Harzer Geröllanhäufungen 20 Meter hoch angefüllt gewesen, da WAHNSCHAFTE beobachtet hat, dass dieselben sich ganz allmählig von den höchsten Stellen bis in das tiefere Niveau hinabziehen. Noch höher steigen am südlichen Harzrande die Ablagerungen des Schotters über die Thalsole empor. Bei Sachsa und Walkenried liegen sie 50 bis 60 Meter über dem Thalniveau, und weiter östlich, bei Uftrungen, wo das Thyral sich verbreitert, kennt man dergleichen Bildungen in 90 bis 100 Metern Höhe.

Im Harz sind massige Kalksteine nur vereinzelt vorhanden und entblösst. Da, wo sie auftreten, verleihen die Auswaschungsformen derselben unserem Gebirge ein ganz eigenartiges Gepräge. Die Harzer Kalke verdanken ihre Entstehung zum grössten Theil der riffbildenden Thätigkeit der Korallenthierchen in den alten paläozoischen Meeren und zeigen sie daher keine Schichtung. Erst bei der intensiven Faltung des Gebirges, welcher die spröde Masse der klotzigen Kalke einen kolossalen Widerstand entgegensetzte, trat eine Zerklüftung ein. Die entstehende parallele Absonderung muss natürlich eine bestimmte Lage gegen die Richtung haben, aus welcher der Druck gekommen ist. Die von Ost nach West verlaufende Zerspaltung deutet darauf hin, dass sie als die Resultirende, als der Ausgleich der Spannungen der zwei den Harz beherrschenden Druckrichtungen aufzufassen ist. Vortrefflich zeigt im östlichen Harz die Gegend zwischen Elbingerode und

Neuwerk die Art und Weise, in welcher das Wasser seine Wirkung in einem zerklüfteten Kalkgebirge ausübt. Da hier zu der mechanischen Thätigkeit des fließenden Wassers auch die chemische, langsam alle Spalten erweiternde Wirkung der Sickerwasser tritt, entstanden *über* der Erde tiefe Thäler und mächtige Felsen, *unter* der Erde weit verzweigte Tropfsteinhöhlen, welche namentlich Rübeland berühmt gemacht haben. Die Bode und der Mühlenbach gruben im Laufe der Jahrtausende ihre Furchen in die Massenkalken; ihr gewundener Lauf, den sie mit den meisten Harzer Flüssen gemeinsam haben, beweist ihre ursprüngliche Natur als Wasserläufe, die einstmals auf einem ebenen Plateau sich selbst ihren Weg suchen mussten. Die coulissenartig von der jetzt bis zu 80 Metern emporsteigenden Hochfläche in das Thal vorgeschobenen Pfeiler zeigen nach Nord und Süd einfallende Klüfte, welche gleiche Streichungsrichtung (senkrecht zum magnetischen Meridian) besitzen und unter 60 bis 90 Grad zusammenstossen. Vielleicht noch deutlicher als in den Thälern ist die Art der Absonderung ersichtlich in den unterirdischen Räumen, welche die Bode zugleich mit ihrer Austiefung der Thalrinne geschaffen hat. In den alten, bereits seit dem sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert bekannten und durch die menschliche Thätigkeit veränderten Baumanns- und Bielshöhle sind dergleichen Beziehungen allerdings jetzt nur noch schwierig aufzufinden; dagegen sind die erst im vorigen Jahre entdeckten ausgedehnten Räume der Hermannshöhle auch in dieser Richtung höchst instructiv.

Es würde uns zu weit führen, hier näher auf die sehr

interessanten unterirdischen Verhältnisse einzugehen, denn zur Vervollständigung unserer Betrachtungen über die Bildung des Gebirges und zum vollen Verständniss für seine gegenwärtige Erscheinungsweise haben wir noch einige Augenblicke stehen zu bleiben bei seiner unmittelbaren Umgebung.

War das Gebirge eine Insel in dem Meere, welches alle diejenigen Schichten entstehen liess, die nach der Steinkohlenzeit abgelagert wurden, so können wir nicht erwarten, im Inneren desselben irgend eine Spur dieser jüngeren Formationen aufzufinden. In der That hat man weder auf den Harzer Hochflächen noch in dessen Thälern auch nur die unbedeutendsten Reste von Trias-, Jura- und Kreidegesteinen nachweisen können. *Deshalb* und aus mehreren anderen Gründen, die ich im Vorhergehenden zum Theil angedeutet habe, ist es wahrscheinlich, dass Harz, Thüringerwald und die übrigen mitteldeutschen Faltengebirge als Inseln aus den Trias-, Jura- und Kreidemeeren hervorragten und von deren Wogen umspült wurden. Sobald wir aus unserem Gebirge heraustreten, treffen wir die Bildungen dieser Zeiträume mit den ihnen eigenthümlichen Leitfossilien. Die Meereshöhe, in welcher sie am Nordrande anstehen, beträgt durchschnittlich 215 Meter; im Westen finden wir sie höher hinansteigen, sie erreichen dort eine Meereshöhe von 260 Metern, und am südlichen Fuss des Harzes lagern sie in 235 Metern den älteren Schichten an.

Lagerten die jüngeren Gebilde horizontal und ungestört und könnten wir die Gesamtmächtigkeit derselben

bestimmen, so liesse sich die Erhebung der Insel über den damaligen Meeresgrund berechnen, immerhin abgesehen von der Höhenabnahme durch nachträgliche Abtragung. Durch Schichtenfaltung und Zusammenschiebung allein lassen sich die bedeutenden Niveaudifferenzen zwischen einem erhabenen Stück der Erdrinde und den es umgebenden Vertiefungen jedoch nicht erklären. Der Bildung von Inseln und Continenten liegen vielmehr, wie ich dies in der ersten Abtheilung erwähnte, auch Verschiebungen in der Richtung des Erdradius, d. h. verticale Bewegungen des Erdfesten, zu Grunde.

Diese Voraussetzung genügt jedoch ebenfalls noch nicht, um die Verhältnisse am Rande des Harzes zu erklären, denn die in einem so bedeutend tieferen Niveau anstehenden Schichten jüngeren Alters liegen *nicht*, wie wir soeben voraussetzten, horizontal, sondern zeigen ganz bedeutende Störungen. Die Erstreckung und Streichungsrichtung der mehr oder weniger steil stehenden Gesteinsplatten weichen von denjenigen der Kernschichten des Gebirges ab. Dabei ist die Lage am Süd-, West- und Nordrande ganz verschieden, denn während im Norden eine ungemein steile Schichtenstellung herrscht derart, dass die Schichtengruppen verschiedenen Alters vertikal neben einander stehen, fallen sie am West- und Südrande in normaler Reihenfolge flach geneigt vom Gebirge ab, jedoch so, dass Verwerfungen und Sprünge in grosser Zahl nachgewiesen werden können (vgl. das Profil des Helmethales auf S. 58).

Wenn wir unsere Beobachtungen auf die unmittelbare Umgebung des Harzes beschränken, so könnte es den Anschein haben, als wäre in diesem Gebirge die

Ursache der Verschiebung und Zerstückelung der jüngeren Gebilde seiner unmittelbaren Nachbarschaft zu suchen. Es zeigt sich nun aber sehr bald, dass, was wir hier sehen, vollständig übereinstimmt mit dem Bau, den wir in ganz Deutschland — wir können wohl sagen nördlich der Alpen überhaupt — finden, insofern wir uns nicht in den alten gefalteten Gebirgen bewegen. Es ist der charakteristische Bau des nord- und mitteldeutschen Hügellandes, der uns sofort entgegentritt, wenn wir das Harzgebirge verlassen haben. Die ganz gleichen Verhältnisse treffen wir in der Umgebung des Thüringer Waldes, des Fichtelgebirges u. s. w. — kurz, es ist die Structur sämmtlicher Höhenzüge und Flussgebiete im niedrigen Hügel- und Tieflande, so lange überhaupt noch feste Gesteinsschichten zu sehen sind und diese nicht unter die Geröll-, Lehm- und Kiesmassen der diluvialen Gletscher verschwinden.

Bereits seit dreiunddreissig Jahren kennen die Geologen die von Nordwest gegen Südost verlaufenden Verwerfungen, welche das niedrige Bergland an beiden Seiten des Thüringer Waldes durchsetzen, und in neuerer Zeit sind sie in allen Einzelheiten erforscht. Erst später lernte man auch für die Gegend rings um den Harz den gleichen Aufbau kennen, und jetzt weiss man, dass dieselbe eine Fortsetzung bildet des grossen fränkisch-schwäbischen Senkungsfeldes im Norden der Donau.

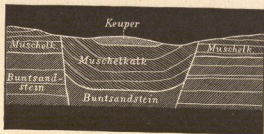
v. KOENEN in Göttingen, der seit vielen Jahren den Bau des mitteldeutschen, speciell des hessischen Hügellandes, studirt und seit seiner Berufung auf den Lehrstuhl SARTORIUS v. WALTERSHAUSENS und v. SEEBACHS auch das

nordwestliche Deutschland in den Kreis seiner Beobachtungen gezogen hat, knüpfte an die Untersuchungen von SUESS an und fand, dass im Verlaufe der Störungen der jüngeren Gebirgsglieder zweierlei Richtungen verfolgt werden können. Er unterscheidet ältere Störungen, die von Südost nach Nordwest verlaufen und von Linz an der Donau über Coburg bis Osnabrück nachgewiesen sind, und ein jüngeres System von Verwerfungen und Brüchen, welches von Basel über Mainz, Frankfurt nach Göttingen und bis in die Gegend von Hildesheim die Richtungen der Höhenzüge einerseits, der Thäler und Flussläufe andererseits, bestimmt.

Diese Systeme von Störungen sind, geologisch gesprochen, sehr jungen Datums und entstanden sämmtlich in, z. Th. vielleicht auch nach der Tertiärzeit. Sie riefen Spalten und Klüfte hervor, auf welche Basalte und andere jungeruptive Gesteine in gleicher Weise in die Höhe gepresst worden sind, wie die Porphyre und Melaphyre emporstiegen bei der Entstehung der alten Faltengebirge. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den jungen Gang- und Deckengesteinen und denen aus den älteren Perioden ist nicht vorhanden. Das Bezeichnende für die jüngeren Bewegungen in der Erdrinde ist, dass Einsturz und Senkung vorherrschen, während eine eigentliche Schichtenfaltung fehlt. Statt in Falten (Sätteln und Mulden) finden wir daher die jüngeren Schichten fast durchweg in schräg stehenden Platten angeordnet, wie die Profile der Rheinthalversenkung und der Grabenversenkung des Leinethales auf S. 32 und 33, solche neben horizontalen Schichten zeigen. Sie werden durch Spalten von einander getrennt.

Die hier angefügten Profile (*Fig. 16* bis *19*) vom südwestlichen Abfall des Thüringer Waldes in der Umgegend von Meiningen, welche einer Arbeit von FRANTZEN entnommen sind, sollen dazu dienen, den Bau des deutschen

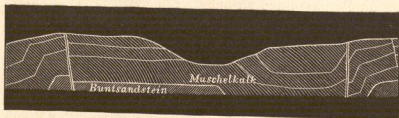
Fig. 16.



Graben südwestlich vom Thüringer Walde. Nach Frantzen.

Hügellandes noch weiter zu versinnlichen. Die sich an diesen Einstürzen und Senkungen beteiligenden Schichten gehören zum Theil dem Muschelkalk, zum Theil dem Buntsandstein an. Inmitten des 750 Meter breiten Grabens, in welchen diese Triasschichten etwa 130 Meter tief einstürzten (*Fig. 16*), liegt eine Partie

Fig. 17.



Schichtenverschiebung bei Meiningen. Nach Frantzen.

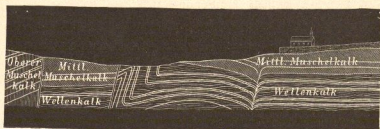
Keuper, dessen der Erosion leicht erliegende Bildungen, ähnlich den Braunkohlen, gewöhnlich nur in isolirten Partien inmitten der Versenkungsfelder erhalten geblieben sind.

Fig. 18 stellt eine Knickung der Muschelkalkschichten bei Kühndorf, ebenfalls zu den Störungen in der Nach-

barschaft von Meiningen gehörig, dar. Sie ist mit Einsturz und Verwerfung verbunden, daher der mittlere Muschelkalk hier neben dem oberen, der untere Muschelkalk (Wellenkalk) neben dem mittleren Theile dieser Formation zu liegen kam.

In Fig. 19 überlagert die geknickten und verstürzten triasischen Schichten ein Theil des Basaltes, welcher die 630 Meter hohe Kuppe des grossen Dollmars bei Meiningen bildet. Er gehört zu den Ergüssen eruptiven Mate-

Fig. 18.



Knickung der Muschelkalkschichten bei Kühndorf. Nach Frantzen.

rials der Tertiärzeit, wie sie uns in Kuppen und kleinen Hochplateaus erhalten geblieben sind.

Dass bei diesen Bewegungen und Verschiebungen der Zusammenhang der Schichten an den Maximalpunkten des Druckes und der Spannung durchweg aufgehoben wurde, kann in zweierlei Weise erklärt werden. Entweder fehlte die starke Belastung eines grösseren Complexes überliegender Schichten, oder die Erosion ist noch nicht so weit vorgeschritten, dass, wie in den Alpen, die zerborstenen und zerspaltenen oberen Gesteinsschichten zum grössten Theile abgetragen sind. Es fehlt jedoch auch inmitten der mesozoischen Schichten unserer Senkungsfelder nicht an

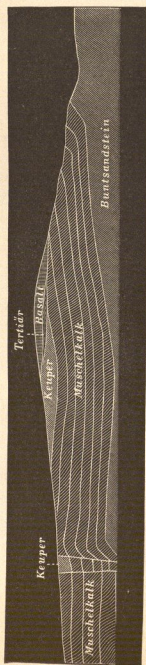


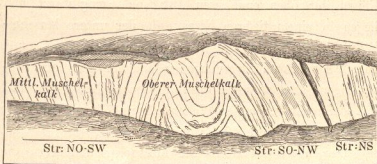
Fig. 19. Profil am Grossen Dollmar bei Meiningen. Nach Frantzen.

Beispielen vollständig gekrümmter und gebogener Schichten. Man trifft dieselben an vielen Höhenzügen des mittleren und nördlichen Deutschlands, namentlich im Gebiete des Muschelkalks, da, wo bei der Senkung ein Sattel- oder Muldenschenkel zwischen anderen Schichten eingeklemmt und gestaut wurde. Schöne Beispiele solcher völlig und continuirlich gebogenen Muschelkalkplatten finden sich z. B. an den Bruchrändern des Senkungsthal's der fränkischen Saale bei Kissingen und am nördlichen Ende des Thüringer Waldes. Auch in der Nachbarschaft Braunschweigs bietet sich Gelegenheit, diesen mechanischen Vorgang zu studiren, z. B. an der Asse, da, wo diese ziemlich steil einfallende Antiklinale des nordwestlichen älteren Systems abgeschnitten wird durch einen zum jüngeren System gehörigen Faltenflügel, eine Fortsetzung der eigenthümlichen einseitigen Erhebung, welche als Oesel eine hervorragende Landmarke in dem

weiten Längsthale der Ocker südlich von Wolfenbüttel bildet.

Die in den *Figuren 20* und *21* dargestellten Profile sind

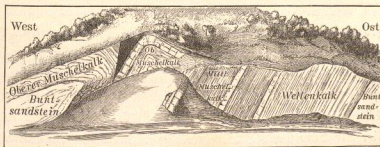
Fig. 20.



Gefaltete Schichten des Muschelkalkes bei Eisenach. Nach Bornemann.

einer Arbeit des preussischen Landesgeologen BORNEMANN über die Störungen am nördlichen Rande des Thüringer

Fig. 21.



Gebogene Schichten des Muschelkalkes am nördlichen Rande des Thüringer Waldes. Nach Bornemann.

Waldes entnommen; sie finden sich südöstlich von Eisenach in der Richtung nach Thal im Gebiete des Muschelkalkes. Die Biegungen der Schichten sind hier analog denen, wie man sie in den gefalteten Gebirgen antrifft.

Die Figuren auf Tafel VI u. VII wurden nach Photographien eines Steinbruches am nördlichen Abfall der Asse bei Gross-Denkte, unweit Wolfenbüttel, angefertigt. Die Schichten des oberen Muschelkalkes sind hier am nordöstlichen Flügel der oben erwähnten Antiklinale eingestürzt und liegen in einem tieferen Niveau als der untere Muschelkalk (Wellenkalk). Sie sind vielfach verbogen, und namentlich war im vergangenen Sommer dort ein vollständiger Sattel aufgeschlossen, dessen südlicher Schenkel fast senkrecht gegen den Wellenkalk einfällt, während der nördliche unter etwa 40 Grad geneigt ist.

Das Innere des Sattels war blossgelegt und zeigte die vollständig zertrümmerten Bänke des spröden Terebratulakalkes, während die Mergelplatten des Nodosenkalkes mit den zwischenliegenden Thonlagen einer vollständigen Biegung und Krümmung unterlagen.

Am Westrande des Harzes haben die Nord-Südspalten vielfach Veranlassung zu trichterförmigen Einstürzen (Erdfällen) gegeben, indem durch sie die Tageswasser leicht zu den im und unter dem Buntsandstein liegenden Gypslagern gelangen und dieselben auslaugen. Eine Reihe solcher grossen, fast kreisrunden und sich konisch zuspitzenden Löcher lässt sich von Seesen südlich über Herrhausen in der Richtung nach Gittelde verfolgen. Sie liegen sämtlich auf einer mindestens $2\frac{1}{2}$ Kilometer langen, von nordischem Schutt und nordischen Geröllen ausgefüllten breiten Spalte im Buntsandstein. Zu ihnen gehören diejenigen Erdfälle, welche in den Jahren 1872 und 1876 nahe dem Seesener Bahnhofe zwischen den Geleisen der Eisenbahn nach Kreiensen entstanden und so viel von sich reden machten.

Dass namentlich an dem Kreuzungspunkte von Spalten, welche den beiden im Vorhergehenden genannten Richtungen angehören, ganz besonders gestörte Schichtenverhältnisse entstehen mussten, ist leicht ersichtlich. Es kommt dann vor, dass die verschiedenen Etagen der Trias-, Jura-, Kreide- und Tertiärformationen in einzelnen Fetzen bunt durch einander liegen und die Streichungsrichtung sowie das Einfallen auf Schritt und Tritt wechseln. Beispiele hiervon weist auch das Braunschweiger Land nördlich und westlich vom Harz in grosser Zahl auf. Die Arbeiten v. KOENENS enthalten öfters Andeutungen über den Betrag des Einsturzes in den von ihm specieller untersuchten Grabenversenkungen. So verdankt der Kahleberg bei Echte, südlich Gandersheim, ein Rücken weisser Juraschichten ähnlich dem Langenberge bei Ocker, seine Entstehung einem Einsturz, der wenigstens 1000 Meter betragen haben muss, da die Schichten um diesen Betrag zu tief liegen gegen die nur 7 Kilometer oder kaum eine deutsche Meile entfernten Zechsteinbildungen bei Gittelde am Harzrande.

Der erste Forscher, welcher bei seinen umfassenden und bahnbrechenden geologischen Studien in unserem Herzogthum auch die Schichtenstörungen specieller in Betracht gezogen hat, ist der jetzige braunschweigische Berghauptmann v. STROMBECK. Bereits vor siebenunddreissig Jahren hat sich derselbe mit den tektonischen Verhältnissen beschäftigt, welche in und an den Hügeln des Elms, der Asse, des Huys u. s. w. wahrgenommen werden. Er erkannte, dass die Schichten Sättel und Mulden bilden, dass sie gefaltet, überkippt sind,

dass stellenweise die ältesten Schichten zu oberst, die jüngeren darunter liegen. v. STROMBECK gehörte zu denjenigen Geologen, welche schon damals die Ansicht verwarfen, dass in diesen Fällen *senkrechte* Hebungen durch in die Tiefe verborgene Eruptivgesteine vorlägen, um an die Stelle dieser nach oben gerichteten Bewegung einen *seitlichen* Druck zu setzen. Er griff allerdings auf den Harz zurück, um dort die Ursache des seitlichen Zusammenschiebens der Schichten in unseren nördlichsten Terrainerhebungen zu erklären. In damaliger Zeit musste, wie ich dies in der ersten Abtheilung auseinander setzte, jede Bewegung, welche in der festen Erdrinde stattgefunden, schliesslich doch auf eine an irgend einem Punkte *aufwärts* gerichtete Grundhebung mittelst Eruptivgesteine bezogen werden.

Eine Beeinflussung der Schichten durch den Harz ist allerdings für die diesem zunächst liegenden Rücken und Erhebungen unverkennbar, jedoch nur in dem Sinne, dass bei der Senkung und Zusammenschiebung der Harz als feste, *nicht* mit bewegte Gebirgsmasse eine Stauung herbeiführte, welche die ungewöhnlich steile Schichtenstellung am nördlichen Rande des Gebirges und die Ablenkung der Streichrichtung veranlasste. In gleicher Weise hat bei der Faltung die Kette der Alpen sich an vorliegenden älteren Massen gestaut. Als solche sind zu nennen das Centralplateau von Frankreich, die Vogesen, der Schwarzwald und vor Allem die bayrischen und böhmischen Massive, welche sämmtlich älter sind als die Alpen.

Dass in grösserer Entfernung vom Harz ebenfalls ganz bedeutende Störungen stattgefunden haben, davon

kann man sich leicht überzeugen, wenn man den Einschnitt der Eisenbahn am Harlieberge bei Vienenburg betrachtet oder die Steinbrüche im Muschelkalk an der Asse durchwandert. Ja, sogar der ganz unvermittelt aus dem nordischen Diluvium auftauchende Rogensteinsattel des Nussberges direkt vor den Thoren Braunschweigs zeugt mit seinen steil einfallenden Flügeln von den gewaltigen Umwälzungen, die im Gebirgsbau unserer Gegend stattgefunden haben müssen, bevor das Inlandeis alle Unebenheiten auszugleichen bestrebt war.

Hoffentlich wird es mir gelungen sein, im Vorstehenden eine Uebersicht unserer jetzigen Auffassung von Bau und Zusammensetzung des für uns so wichtigen Gebirges zu geben.

In der Wissenschaft wechseln Ansichten und Theorien; die älteren müssen verschwinden, in Vergessenheit gerathen und neuen Anschauungen Platz machen — treue und richtige Beobachtungen aber sind von unvergänglichem Werthe und *jede Theorie muss mit ihnen rechnen*. Diese bedeutungsvolle Wahrheit lehrt uns die Geschichte der Harzgeologie in vollem Masse. Die Beobachtungen, welche gewissenhafte und geologisch geschulte Forscher, wie LASIUS (1789), HOFFMANN (1830), ZIMMERMANN (1834), ZINCKEN (1825), JASCHE (1838), ROEMER (1843), am Ende des vorigen und zu Anfang dieses Jahrhunderts im Harz anstellten, sind nicht umsonst gemacht worden. Sie wurden allerdings zunächst nach den damals herrschenden Theorien gedeutet. In den Werken der neueren Harz-

geologen, besonders LOSSENS, wird aber oft an diese Beobachtungen angeknüpft und gezeigt, dass sie in sehr vielen Fällen richtig waren und sehr wohl in den Rahmen unserer jetzigen, durch erweiterte Forschungen geschaffenen Auffassung der Gebirgsbildung hineinpassen.

Jeder Einzelne von uns kann nur wünschen, dass es ihm gelingen möge, auf dem beschränkten Gebiete, welches ihm zu bearbeiten vergönnt ist, dasjenige zu leisten, was diese ausgezeichneten Männer gewirkt haben — *dass es ihm vorbehalten sei, eine Grundlage zu schaffen für die Forschungen kommender Geschlechter!*



Erklärung der Tafeln.

Tafel I. *Uebersicht der geologischen Formationen.* Dieselben umfassen die sedimentären Gesteine, sowie die krystallinischen Schiefer. Der Eintheilung liegt die Natur der untergegangenen Pflanzen- und Thierwelt zu Grunde, deren Reste sich in mehr oder weniger gut erhaltenem Zustande im Schoosse der Erde finden. In Verbindung mit den Lagerungsverhältnissen haben die zoologischen und botanischen Merkmale, welche die Versteinerungen uns liefern, zur Aufstellung der verschiedenen Gruppen, Abtheilungen und Unterabtheilungen der Schichtcomplexe, Veranlassung gegeben.

Zunächst werden die ältesten Bildungen, von denen man weiss, dass sie stets die Unterlage sämmtlicher versteinierungsführender Schichten bilden, als *archaisch* (von *archaios*, alt) oder *azoisch* (von *á*, ohne, und *zoon*, Thier) bezeichnet. Die nächstfolgende grosse Gruppe entlehnt die Bezeichnung *paläozoisch* von *palaios*, alt, und *zoon*, Thier. Durch den Namen *mesozoisch* (*mesos*, mitten) soll ausgedrückt werden, dass in Bezug auf den Charakter der organischen Reste diese Zeit in der Mitte gestanden hat zwischen dem Alterthum der Erde und der Neuzeit. Zu letzterer gehört auch die Periode, in welcher wir uns noch gegenwärtig befinden und welche einen Abschnitt der *känozoischen* (von *kainos*, neu) Formationsgruppe bildet.

Die Namen der Unterabtheilungen sind zum Theil denjenigen Ländern und Ländertheilen entlehnt, in welchen die Entwicklung eine hervorragende ist; theilweise wurden petrographische Eigenthümlichkeiten zur Bezeichnung benutzt, und endlich haben sich auch Lokalbenennungen, vielfach aus der bergmännischen Sprache herrührend, im Laufe der Zeit Eingang in die Geologie verschafft. Die Benennungen *tertiär* und *quartär* rühren noch aus den Zeiten her, in welchen die älteren Formationen als *primär* und *secundär* bezeichnet wurden. *Alluvium* und *Diluvium* umfassen die jüngeren und älteren Schwemmgebilde der jüngsten Periode (des Quartärs). Die Eintheilung der Tertiärformation rührt von Lyell her und beziehen sich die Namen der Unterabtheilungen auf den Procentsatz der noch lebenden Formen von Weichthieren unter den organischen Ueberresten.

Die Formation der weissen Schreibkreide oder das *Cretacäische* wird eingetheilt in *Senon* (nach der Stadt Sens in Frankreich), *Turon* (nach der Landschaft Touraine), *Cenoman* (nach der Stadt le Mans, *Cenomanum*). *Gault* oder *Galt* und *Wealden* sind englische Provinzialbezeichnungen, *Neocom* kommt von *Neufchatel* (*Neocomum*). Die Unterabtheilungen der Juraformation (vom Juragebirge) sind dem Englischen entnommen und fallen mit den, namentlich in Süddeutschland geläufigen Bezeichnungen des weissen, braunen und

Kloos, Bau d. Gebirge.

schwarzen Juras zusammen. *Rhät* ist eine der alpinen Geologie entlehnte, in neuerer Zeit eingeführte Unterabtheilung. *Keuper* entstammt der bergmännischen Sprache in Thüringen, wie die Namen *Zechstein* und *Rothliegendes* vom uralten Bergbau in Mansfeld herrühren. Der *Kulm* als unterste Abtheilung der Steinkohlenformation ist aus dem Bergbau in Devonshire genommen; das *Devon* führt seinen Namen wegen der ausgezeichneten Entwicklung dieser Schichtenreihe in derselben Grafschaft Englands, und das *Siber* erinnert an den Wohnsitz des alten keltischen Volksstammes der Silurier im Fürstenthum Wales.

Tafel II. Die Profile des Juragebirges und der schweizer Alpen sollen den starken Gegensatz in der Tektonik dieser beiden Faltengebirge darthun. Sie lassen deutlich erkennen, wie die Alpen stärker gefaltet und die Falten enger zusammengeschoben worden sind, als dies im Jura der Fall war. Zugleich zeigen diese, verschiedenen Autoren entnommenen Querschnitte den gemeinsamen unsymmetrischen Bau, eine Erscheinung, welche bei allen gefalteten Gebirgen auftritt und welche allein schon genügt, die alte Ansicht einer von einem Centralmassiv ausgehenden Hebung zu widerlegen.


Tafel III. Die scharf gebogenen Schichten in *Yorkshire*, welche der älteren Kohlenformation angehören, geben treffliche Beispiele einer Streckung und Biegung von Gesteinsplatten ab. Offenbar ist es für alle Zwecke der angewandten Geologie (namentlich wo es darauf ankommt, den unterirdischen Lauf der Gewässer zu bestimmen) von der grössten Wichtigkeit, zu ermitteln, ob Schichten continuirlich gebogen oder in Platten zertrümmert sind, die durch Spalten von einander getrennt werden.

Tafel IV. Das Kärtchen des Harzes zeigt in den Umrissen des Gebirges zunächst die Grenzen zwischen den alten Kernschichten und den jüngeren Randgesteinen. Nur in der Gegend von Ilfeld am Südharz ist die grosse Partie des Rothliegenden mit den eingelagerten Eruptivgesteinen zum eigentlichen Gebirge gezogen. Die drei grossen Granitstücke sind besonders hervorgehoben; im Uebrigen wurden nur die verschiedenen Gänge, Gangzüge und Spalten eingetragen und zwar nach der Geognostischen Uebersichtskarte von Lossen aus dem Jahre 1880. Die Zerspaltung ist jedenfalls noch eine viel weitergehende gewesen, als dies aus den bis jetzt thatsächlich beobachteten Gängen und Gangstücken hervorgeht.

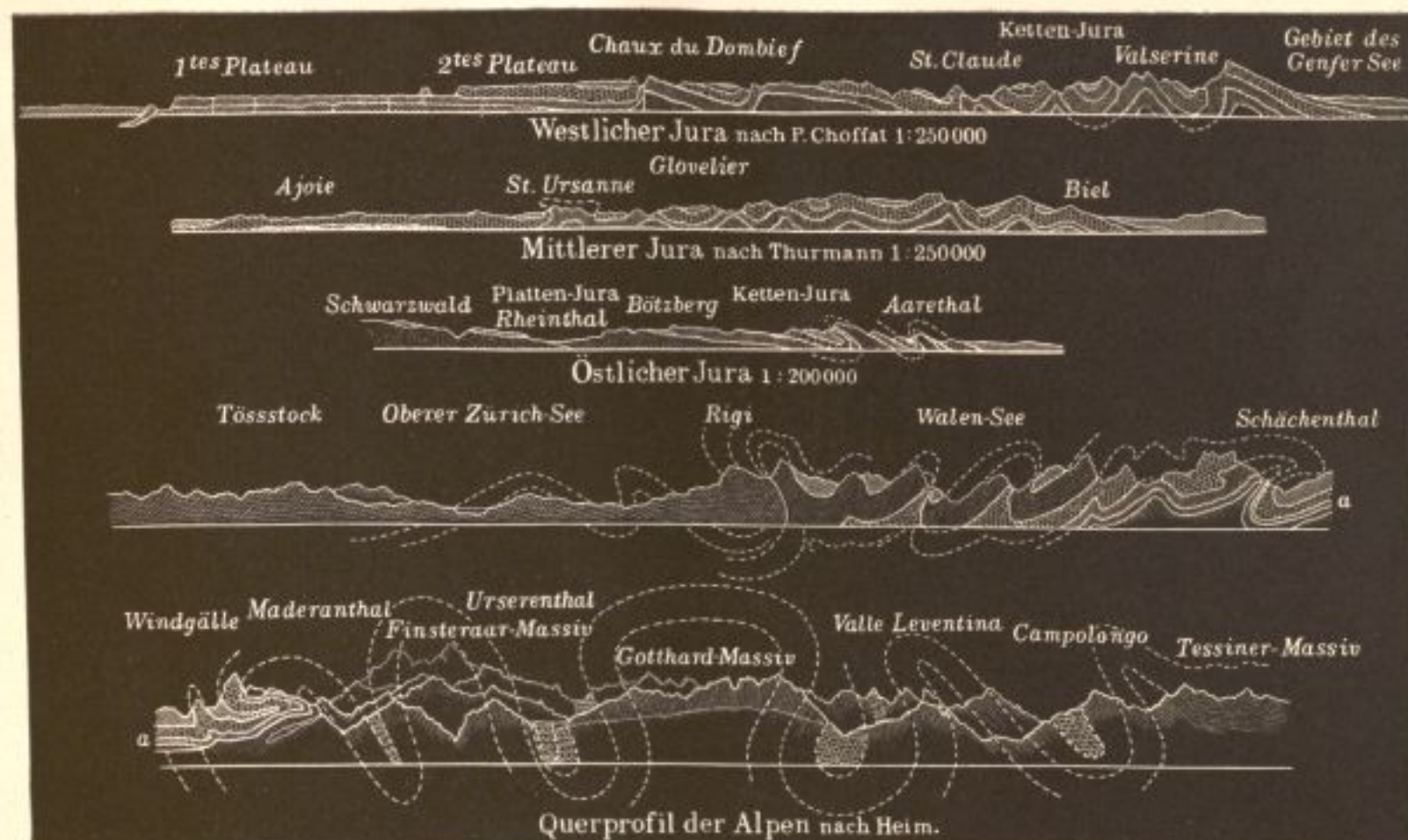
Tafel V bringt die Zerspaltung des Brockengranitmassivs in Verbindung mit den Erzgängen bei St. Andreasberg und dem östlichen Theile der Clauthaler Gänge zur Darstellung. Es bedeutet G. Granit, Sp. S. Spiriferensandstein (Unter-Devon), K. Kulmgrauwacke und Schiefer (älteres Carbon), T. die ältesten hereynischen Schichten (das ältere Unter-Devon). Die Verschiebung in horizontaler Richtung sowohl des Granits als der geschichteten Gesteine an den grössten Spalten tritt deutlich in Erscheinung.

Tafel VI und VII sind nach Photographien eines Steinbruches nördlich von *Gross-Denkte* an der Asse unweit *Wolfenbüttel* angefertigt worden, und zwar bringt die zweite Figur in grösserem Massstabe denjenigen Theil der gebogenen Schichten, welcher an der rechten Seite der ersten Figur dicht unter dem Walde ersichtlich ist. Das Nähere hierüber ist im Texte nachzulesen.

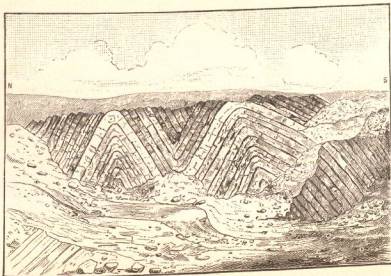
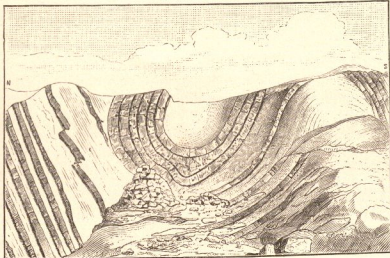
Tafel I.

	Alluvium	Quartär-Formation.	IV. Känozoische Formationsgruppe.
	Diluvium		
	Pliocän	Tertiär-Formation.	
	Miocän		
	Oligocän		
	Eocän		
	Senon	Kreide-Formation oder Cretaceisch.	III. Mesozoische Formationsgruppe.
	Turon		
	Cenoman		
	Gault		
	Neocom		
	Wealden		
	Malm	Jura-Formation.	
	Dogger		
	Lias		
	Rhät	Trias-Formation.	
	Keuper		
	Muschelkalk		
	Buntsandst.	Dyas-Formation.	II. Paläozoische Formationsgruppe.
	Zechstein		
	Rothliegenden		
	Productive, obere Abtheilung der Steinkohlen-Formation oder des Carbons.		
	Kulm, untere Abtheilung der Steinkohlen-Formation.		
	Devon-Formation oder das obere Grauwackengebirge.		
	Silur-Formation oder das untere Grauwackengebirge.		
	Phyllite, Glimmerschiefer, Gneisse.		I. Archäische od. Azoische Formationsgruppe.

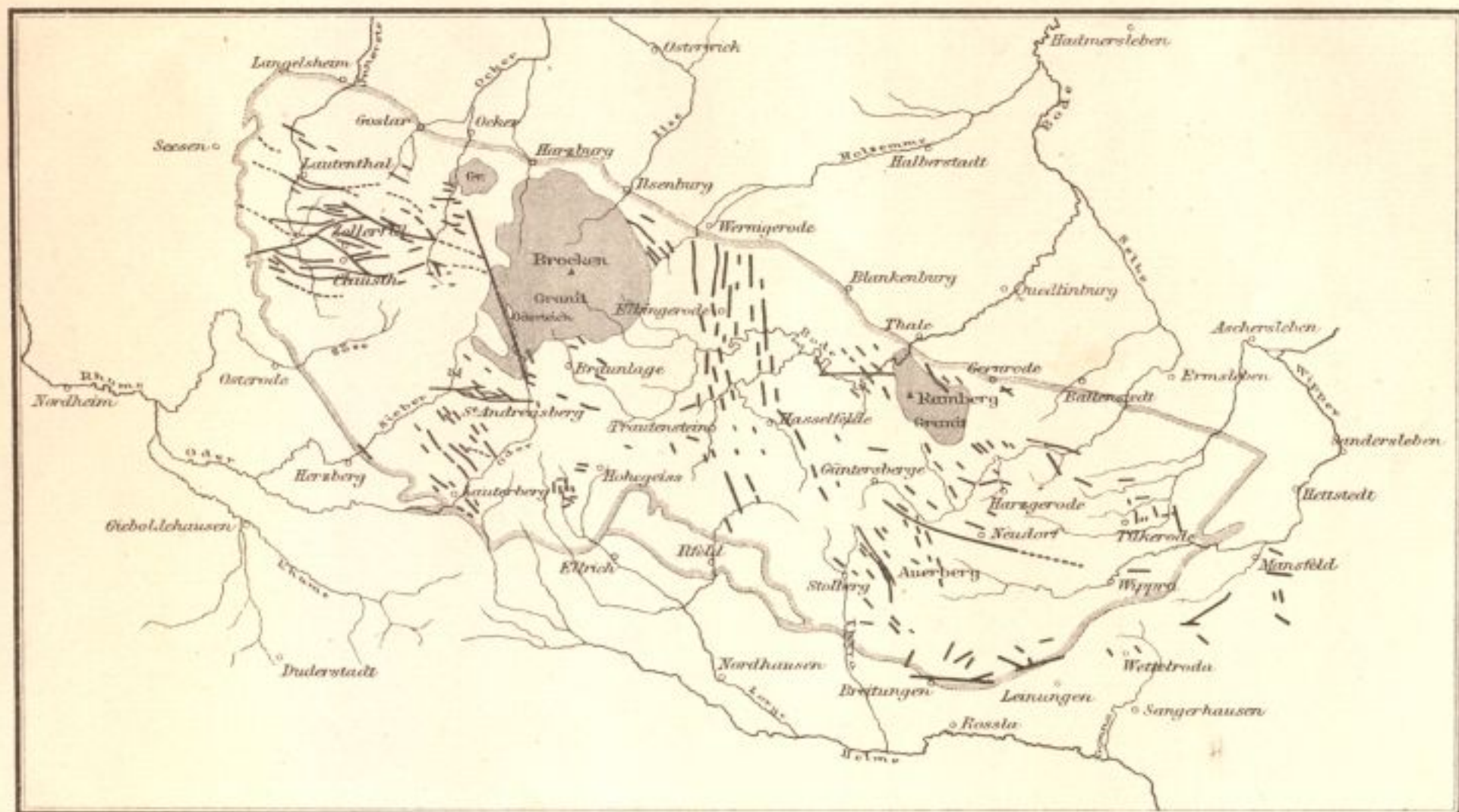
Uebersicht der geologischen Formationen.



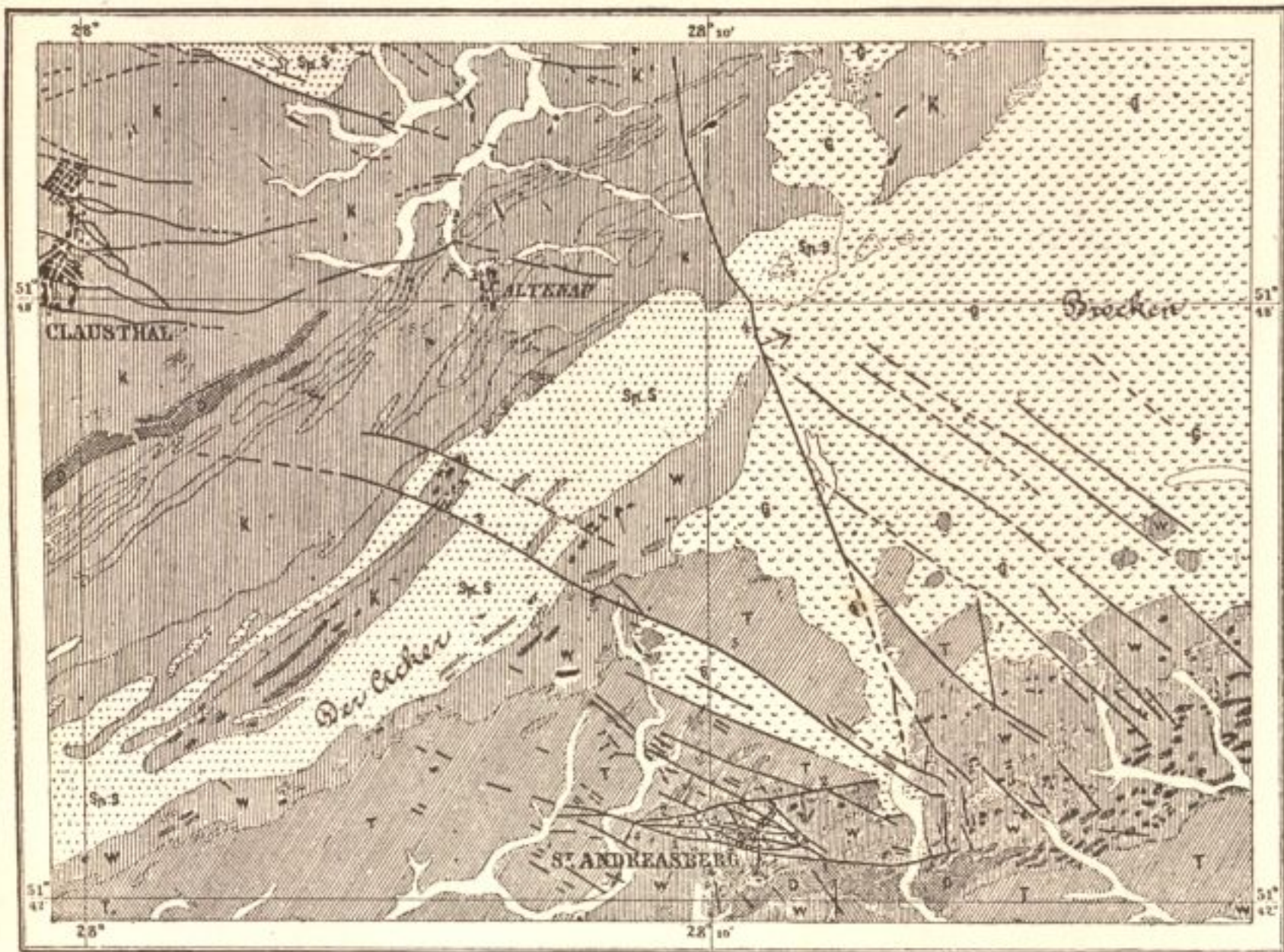
Profile des Juragebirges und der schweizer Alpen.



Gebogene Schichten des Kohlenkalkes in Yorkshire.
Nach Mellard Reade.

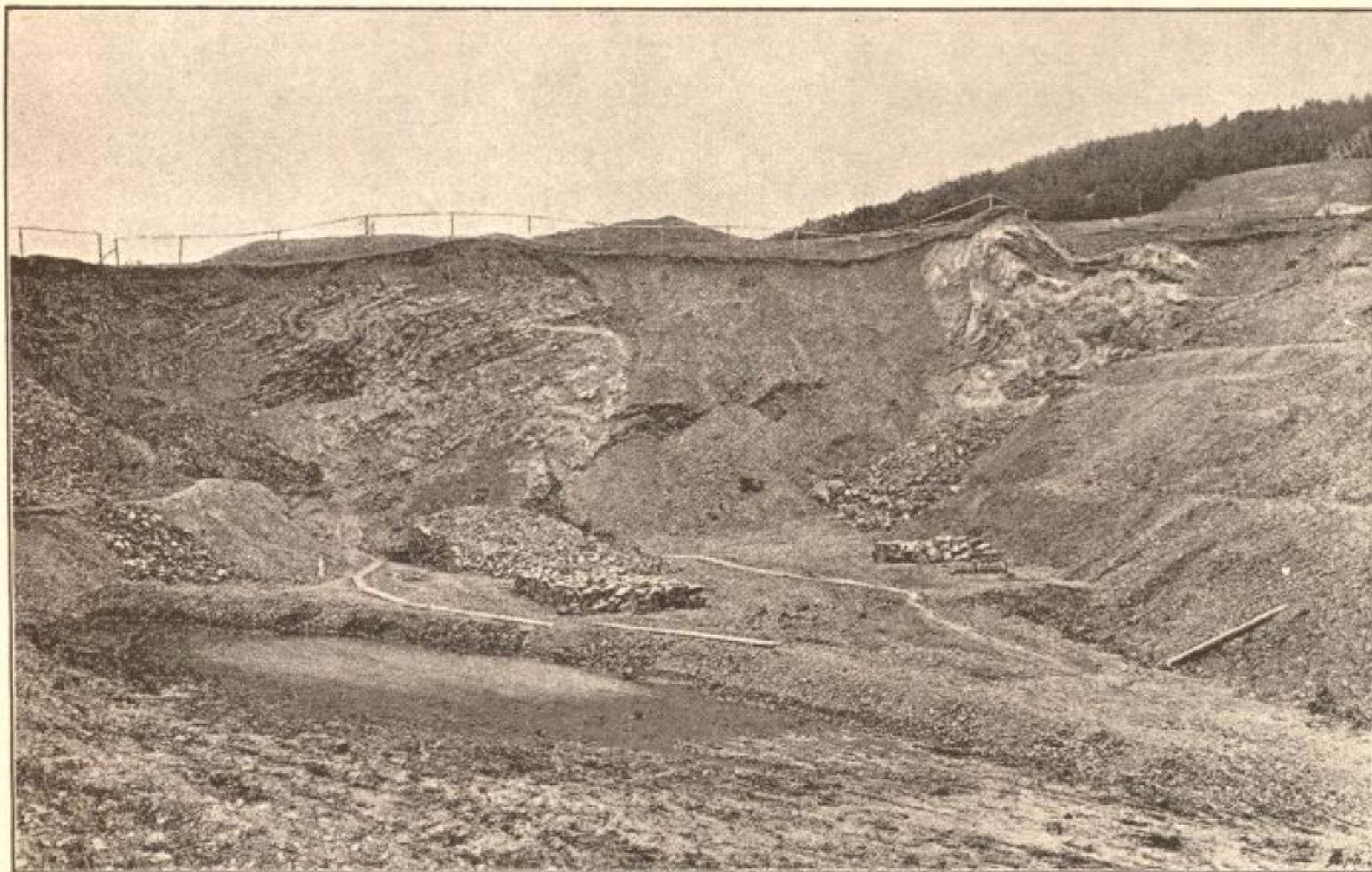


Die Zerspaltung des Harzgebirges.

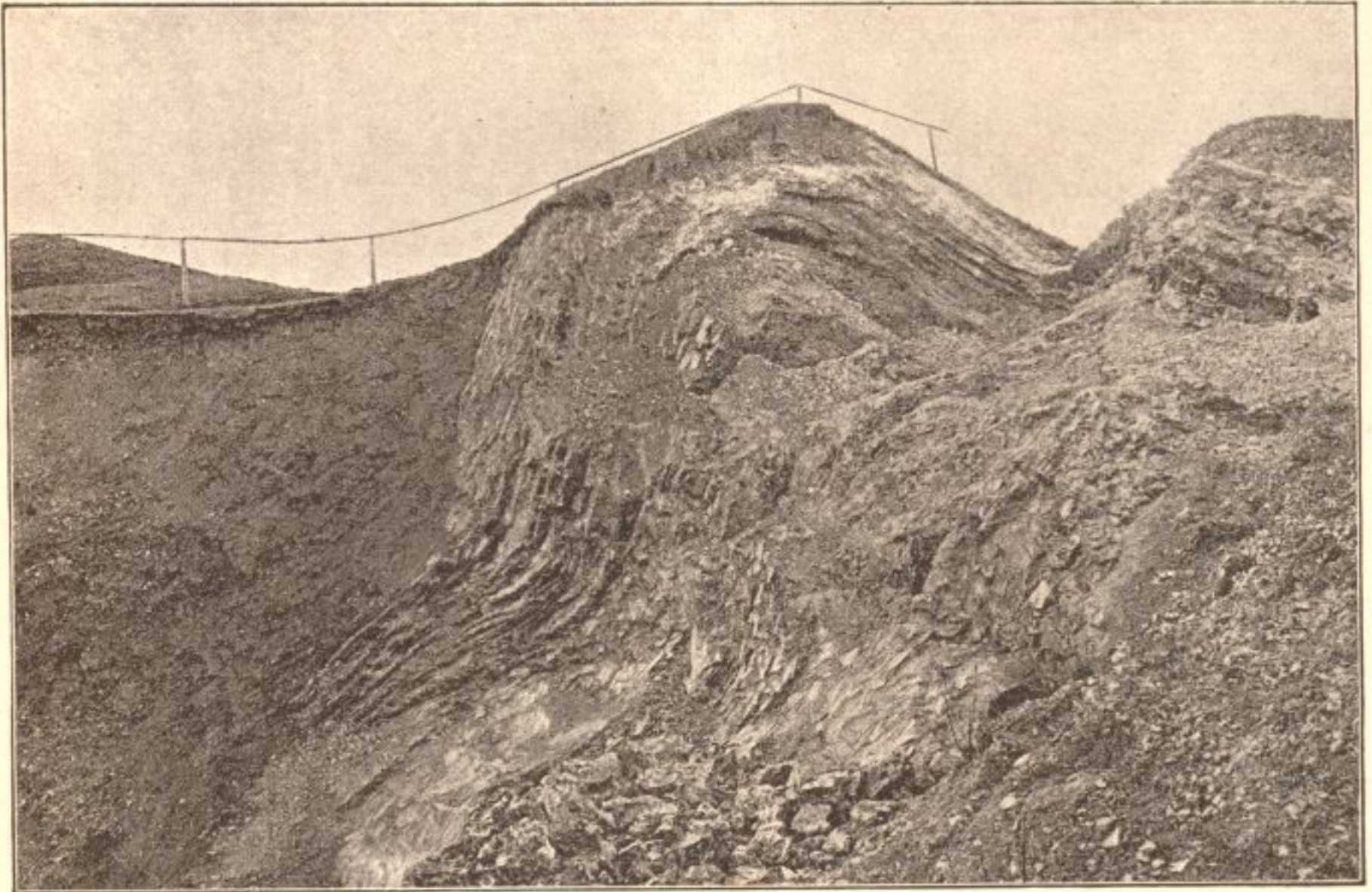


Tafel V.

Das Spaltensystem bei St. Andreasberg und Clausthal im Harzgebirge.
Nach Kayser.



Gebogene Schichten des Muschelkalkes an der Asse.



Stehender Sattel in den gebogenen Schichten des Muschelkalkes an der Asse.







KODAK GRAY SCALE



KODAK COLOR CONTROL PATCHES



These colors have been selected as representative of those inks commonly used in photomechanical reproduction.